

UNIVERSIDADE FEDERAL DOS VALES DO JEQUITINHONHA E MUCURI

Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal

Elizangela Souza Pereira

SELETIVIDADE DO INSETICIDA DELTAMETRINA AO PARASITOIDE

Palmistichus elaeisis (HYMENOPTERA: EULOPHIDAE)

Diamantina

2016

ELIZANGELA SOUZA PEREIRA

SELETIVIDADE DO INSETICIDA DELTAMETRINA AO PARASITOIDE

Palmistichus elaeisis (HYMENOPTERA: EULOPHIDAE)

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri como requisito parcial para obtenção do título de Mestre.

Orientador: Marcus Alvarenga Soares

Diamantina

2016

Elizangela Souza Pereira

SELETIVIDADE DO INSETICIDA DELTAMETRINA AO PARASITOIDE

Palmistichus elaeisis (HYMENOPTERA: EULOPHIDAE)

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, nível de Mestrado, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre.

Orientador: Prof.º Dr.º Marcus Alvarenga Soares

Data da aprovação 28/03/2016

Prof.º Dr. Sebastião Lourenço de Assis Júnior – UFVJM

Prof.º Dr. Ronnie Von dos Santos Veloso – UFVJM

Prof.º Dr. Claubert Wagner Guimarães de Menezes – IFNMG

Prof.º Dr. Marcus Alvarenga Soares – UFVJM

Diamantina

DEDICATÓRIA

Aos meus pais.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, por guiar sempre meus caminhos e me abençoar imensamente.

A minha família por ser meu porto seguro, principalmente minha mãe Maria e pai Luiz, pelo amor incondicional, pela torcida, carinho.

A minha irmã querida, Elizabeth por ser uma grande incentivadora, amiga, pelo apoio ao longo da minha vida. E meus irmãos Fábio e Júnior pelo carinho e ajuda sempre que necessitei.

Ao meu namorado, Jhonny por estar ao meu lado sempre, nos bons momentos e nas dificuldades também, pelo apoio, paciência e ser meu grande incentivador.

Ao meu orientador, Marcus Alvarenga Soares, pela atenção, paciência, incentivo e pelos ensinamentos durante todos esses anos em que estive sob sua orientação.

Aos todos os colegas do laboratório de Controle Biológico, principalmente a Zaira, que me ajudou durante todo o desenvolvimento do projeto, a Ludmila, o Gabriel, a Tati. Agradeço imensamente pela amizade de todos.

As minhas amigas, Vívian que mesmo longe continua sendo a melhor amiga que eu poderia ter, Samara, Cris, Rany, pela amizade.

Ao meu cunhado Sergio pelo carinho e inúmeras caronas para ir para casa da mãe e meus sobrinhos que me trazem tantas alegrias.

Ao Ronnie Von dos Santos Veloso, pela coorientação, auxílio durante o desenvolvimento do trabalho e estar sempre disposto a ajudar.

A minha segunda família, Nildéia, Jéssica, Paloma e João que me acolhem com todo carinho.

A banca examinadora pela disponibilidade e atenção.

A Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri pela minha formação profissional.

A todas as pessoas que contribuíram direta ou indiretamente para conclusão dessa etapa na minha vida.

RESUMO

O eucalipto pertence ao gênero *Eucalyptus* spp. (Myrtaceae) possui inúmeras espécies e variedades, prosperaram em diversos habitats. O controle químico é o principal método de controle de lepidópteros desfolhadores que atacam o eucalipto. O controle biológico é uma alternativa para tentar reduzir a utilização de produtos químicos nos sistemas florestais. O objetivo desta dissertação foi avaliar a seletividade do inseticida Decis 25 CE[®] (deltametrina) ao parasitoide *Palmistichus elaeisis* Delvare & LaSalle (Hymenoptera: Eulophidae) e estudar os efeitos sobre os parâmetros biológicos e os efeitos subletais ao longo de três gerações do parasitoide. O primeiro bioensaio foi realizado em delineamento inteiramente casualizado, com nove tratamentos e dez repetições. Os tratamentos foram constituídos pelo controle (água destilada) e as concentrações de deltametrina: 0,64 mg i.a./L, 1,4 mg i.a./L, 3,10 mg i.a./L, 6,83 mg i.a./L, 15,03 mg i.a./L, 33,05 mg i.a./L, 72,7 mg i.a./L e 160 mg i.a./L aplicadas sobre o hospedeiro alternativo *Tenebrio molitor* Linnaeus (Coleoptera: Tenebrionidae). A deltametrina reduziu a taxa de parasitismo de *P. elaeisis*. Nas doses intermediárias (6,83 mg i.a./L – 33,05 mg i.a./L) o parasitismo ficou em torno de 65%, e nas doses mais elevadas (72,7 mg i.a./L e 160 mg i.a./L) o parasitismo decresceu a 10%. Houve uma redução significativa na taxa de emergência com o aumento da concentração do inseticida. Não foram observadas diferenças significativas na longevidade parental e da prole de *P. elaeisis*. O comprimento da cápsula cefálica e da tibia posterior apresentou diferenças significativas. O segundo bioensaio foi realizado com três tratamentos e vinte repetições. Os tratamentos foram constituídos pelo controle (água destilada), pela CL₁₀= 11,12 mg de i.a./L e a CL₅₀= 18,54 mg de i.a./L. As pupas de *T. molitor* foram expostas ao inseticida através do método de imersão. Sessenta pupas de *T. molitor* foram mergulhadas por dois segundos em solução diluída para 100 mL com as concentrações do inseticida. Na primeira geração F1 da CL₁₀ o parasitismo foi de 55% e a CL₅₀ ficou em 30%. Na segunda geração a taxa de parasitismo da CL₁₀ foi de 70% e a da CL₅₀ foi de 40%. Na última geração avaliada, não houve diferenças significativas. A taxa de emergência das três gerações da CL₁₀ apresentou diferenças significativas. Entretanto, a emergência das gerações F1, F2 e F3 da CL₅₀ foram semelhantes entre si. A longevidade da prole de todas as gerações avaliadas apresentou diferenças significativas. A deltametrina afetou todos os parâmetros avaliados de *P. elaeisis*, podendo ser considerado extremamente nocivo, comprovando que este inseticida não é seletivo para esta espécie. Após três gerações o parasitoide ainda é afetado negativamente.

Palavras-Chave: Controle químico, Inimigo natural e Pragas

ABSTRACT

Eucalyptus belongs to the genus *Eucalyptus* spp. (Myrtaceae) has many species and varieties thrive in different habitats. Chemical control is the main defoliating lepidopteran control method that attack eucalyptus. Biological control is an alternative to try to reduce the use of chemicals in forest systems. The aim of this work was to evaluate the selectivity of insecticide Decis 25 CE® (deltamethrin) to the parasitoid *Palmistichus elaeisis* Delvare & LaSalle (Hymenoptera: Eulophidae) and study the effects on biological parameters and sublethal effects over three generations of the parasitoid. The first bioassay was conducted in a completely randomized design with nine treatments and ten repetitions. The treatments were the control (distilled water) and the concentrations of deltamethrin: 0.64 mg ai / L, 1.4 mg ai / L, 3.10 mg ai / L, 6.83 mg ai / L, 15, 03 mg ai / L, 33.05 mg ai / L, 72.7 mg ai / L and 160 mg ai / L applied on the alternate host *Tenebrio molitor* Linnaeus (Coleoptera: Tenebrionidae). The deltamethrin reduced the rate of parasitism of *P. elaeisis*. In the intermediate doses (6.83 mg ai / L - 33.05 mg ai / L) parasitism was around 65%, and in higher doses (72.7 mg ai / L and 160 mg ai / L) parasitism decreased to 10%. There was a significant reduction in germination rate with increasing concentrations of the insecticide. No significant differences were observed in parental longevity and *P. elaeisis* offspring. The length of the head capsule and the posterior tibia showed significant differences. The second bioassay was conducted with three treatments and twenty repetitions. The treatments were the control (distilled water), the CL10 = 11.12 mg of a.i. / L and LC50 = 18, 54 mg of a.i. / L. The pupae of *T. molitor* were exposed to the insecticide through the immersion method. Sixty pupae of *T. molitor* were dipped for two seconds in dilute to 100 ml with the insecticide concentrations. In the first generation F1 CL10 parasitism was 55% and the LC50 was 30%. In the second generation CL10 parasitism rate was 70% and LC50 was 40%. In the last generation evaluated, no significant differences. The emergence rate of three generations of the CL10 showed significant differences. However, the emergence of F1, F2 and F3 CL50 were similar. The longevity of the offspring of all generations evaluated showed significant differences. The deltamethrin affected all parameters of *P. elaeisis* and can be considered extremely harmful, proving that this insecticide is not selective for this species. After three generations the parasitoid is still negatively affected.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Emergência e Longevidade de *Palmistichus elaeisis* (Hymenoptera: Eulophidae).

LISTA DE SIGLAS

MIP - Manejo Integrado de Pragas

IOBC - *International Organisation for Biological Control*

IRAC - *Insecticide Resistance Action Committee*

CL - Concentração Letal

CE - Concentrado Emulsionável

Mg - Miligramas

I. a. - Ingrediente ativo

DNA - Desoxirribonucleico

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
1.1 Histórico, expansão e utilização do eucalipto no Brasil.....	10
1.2 Controle Químico – Efeitos letais e subletais em inimigos naturais.....	10
1.3 Controle biológico – Parasitoides	13
2. OBJETIVOS	14
2.1 Objetivo Geral.....	14
2.2 Objetivos Específicos	14
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	15
CAPÍTULO I	19
EXPOSIÇÃO DE <i>Palmistichus elaeisis</i> (HYMENOPTERA: EULOPHIDAE) A DOSES DE DELTAMETRINA	19
RESUMO	20
ABSTRACT	21
1 INTRODUÇÃO	22
2 MATERIAIS E MÉTODOS.....	23
3 RESULTADOS	25
3.1 Parasitismo – geração parental	25
3.2 Emergência – prole	25
3.3 Razão Sexual - prole	25
3.4 Longevidade - Fêmeas parentais e prole	25
3.5 Cápsula cefálica e comprimento da tíbia - prole.....	26
4 DISCUSSÃO	26
4.1 Parasitismo.....	26
4.2 Emergência	27
4.3 Razão Sexual.....	29
4.4 Longevidade - Fêmeas parentais e prole	29
4.5 Cápsula cefálica e comprimento da tíbia - prole.....	29
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	30
APÊNDICE	37
CAPÍTULO II.....	41
SOBREVIVÊNCIA E DESENVOLVIMENTO DE <i>Palmistichus elaeisis</i> (HYMENOPTERA: EULOPHIDAE) EXPOSTO A DELTAMETRINA EM DIFERENTES GERAÇÕES.....	41
RESUMO	42

ABSTRACT	43
1 INTRODUÇÃO	44
2 MATERIAS E MÉTODOS	45
3 RESULTADOS	47
3.1 Parasitismo – gerações F1, F2 e F3.....	47
3.2 Emergência – gerações F1, F2 e F3	47
3.3 Longevidade prole – gerações F1, F2 e F3.....	47
4 DISCUSSÃO	47
4.1 Parasitismo – gerações F1, F2 e F3.....	47
4.2 Emergência	49
4.3 Longevidade	50
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	51
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	52
APÊNDICE	56
CONCLUSÕES FINAIS.....	58

1 INTRODUÇÃO

1.1 Histórico, expansão e utilização do eucalipto no Brasil

Os gêneros *Eucalyptus* e *Corymbia* (Myrtaceae) possuem mais de 600 espécies e variedades, sendo que as primeiras plantas foram trazidas para o Brasil em 1824 oriundas da Austrália (HOLTZ *et al.*, 2003). Estima-se que exista mais de 5,4 milhões de hectares de plantações florestais no Brasil, cultivadas para produção de óleos essenciais, celulose, madeira, carvão, dentre inúmeros outros produtos (QUEIROZ *et al.*, 2010). Espécies desses gêneros podem prosperar em uma ampla variedade de habitats, seu sucesso se deve ao rápido crescimento e sua boa adaptação às condições climáticas do país, contribuindo para a redução da exploração de florestas nativas. (DALL'OGGIO *et al.*, 2013; ZANUNCIO *et al.*, 2010). Por outro lado, relatos de surtos de insetos herbívoros nativos e exóticos associados com o eucalipto têm sido frequentes e, conseqüentemente, um incremento no número de aplicações de agroquímicos pôde ser observado nas florestas plantadas (MEWES *et al.*, 2013).

A eucaliptocultura é intensiva e baseada, estrategicamente, em florestas clonais. Esse ecossistema simplificado reduz as populações de inimigos naturais e a oferta de alimento, deixando a cultura susceptível ao ataque de pragas (SANTOS *et al.*, 2008). A utilização contínua e generalizada de agroquímicos, em particular inseticidas de amplo espectro, tem impactos negativos sobre a eficácia de inimigos naturais em agroecossistemas (MUHAMMAD; KHAN; RUBERSON, 2015). Dada a importância do controle biológico e a necessidade de redução dos agroquímicos, tornam-se necessários conhecimentos da compatibilidade destes dois métodos em plantios de eucalipto, especialmente para prever efeitos tóxicos em organismos não alvos (STEFANELLO JUNIOR *et al.*, 2012).

Espécies de lepidópteros desfolhadores estão entre as principais causadoras de prejuízos no eucalipto (ZANUNCIO *et al.*, 2009; PEREIRA *et al.*, 2011). O controle biológico utilizando parasitoides é uma técnica utilizada no Brasil para controlar espécies de Lepidóptera no setor florestal podendo ter eficiência satisfatória (ZANUNCIO *et al.*, 2008).

1.2 Controle Químico – Efeitos letais e subletais em inimigos naturais

O controle químico ainda tem sido bastante utilizado para controlar espécies de lagartas desfolhadoras no eucalipto, entretanto seu uso contínuo pode ocasionar resistência de insetos, intoxicação e contaminação do ambiente, além da redução das populações de inimigos naturais (PEREIRA *et al.*, 2010b). Além de efeitos letais aos inimigos naturais, a exposição ao produto pode provocar efeitos subletais (DESNEUX; DECOURTYE; DELPUECH, 2007). As conseqüências desses efeitos podem ser alteração nas características

biológicas, fisiológicas e comportamentais, afetando o desenvolvimento e a fecundidade (BIDDINGER; LESLIE; JOSHI, 2014; BIONDI *et al.*, 2013; DELPUECH; DUPONT; ALLEMAND, 2012).

Os efeitos subletais podem ser minimizados utilizando inseticidas seletivos, que são tóxicos para as pragas e inócuos aos inimigos naturais (BACCI *et al.*, 2002; CORSO; GAZZONI; NERY, 1999). Há dois tipos de seletividade de inseticidas, a fisiológica, que pode ser obtida utilizando inseticidas que são eficientes no controle da praga e não afete organismos não alvos e a seletividade ecológica que se trata do método de aplicação deste produto, de maneira a reduzir a exposição do inimigo natural aos resíduos do inseticida (PICANÇO *et al.*, 2003).

O princípio ativo dos piretroides sintéticos é extraído da planta ornamental, *Chrysanthemum cinerariae folium* Visiani (Asterales: Asteraceae) (VELÍSEK *et al.*, 2007). Eles atuam de forma a manter abertos os canais de sódio das membranas dos neurônios, afetando o sistema nervoso periférico e central do inseto. Ao nível celular os piretroides estimulam as células nervosas a produzir descargas repetitivas, ocorrendo a despolarização da membrana e distúrbios sinápticos (DONG *et al.*, 2014). Deltametrina é um inseticida piretroide muito utilizado na agricultura e silvicultura especialmente por ter um amplo espectro de ação e não persistência no solo (VELÍSEK *et al.*, 2007).

A seletividade dos piretroides a organismos não alvos pode estar relacionada à baixa taxa de penetração no tegumento devido às alterações no local de ação destas substâncias e/ou alta taxa de metabolização. A capacidade de penetração no tegumento está associada à afinidade do inseticida (lipofilicidade) e a espessura e composição química da cutícula. Como o inseticida atua nos canais de sódio, pode ocorrer alteração na sensibilidade das enzimas (Na-K)-ATPase e Mg²⁺-ATPase, responsáveis pela redução da ação neurotóxica dos piretroides (FERNANDES, F.; BACCI; FERNANDES, M., 2010).

Estudos sobre o impacto do uso de inseticidas em *P. elaeisis* ainda são escassos, principalmente, em ecossistemas florestais. Para outros parasitoides, tais como os Trichogrammatidae, este campo de estudo foi mais explorado e tem-se maior conhecimento da ação seletiva e tóxica de diversos produtos.

Após exposição a uma DL₂₀ (40, 60 ng i.a.) de deltametrina sobre *Trichogramma brassicae* Bezdenko Zeller (Hymenoptera, Trichogrammatidae), as fêmeas apresentaram redução da capacidade reprodutiva, infestaram menos ovos de seu hospedeiro *Ephestia kuehniella* (Lepidoptera, Pyralidae) (DELPUECH; DELAHAYE, 2013). Foi observada redução da longevidade de *Trichogramma pretiosum* Riley, (Hymenoptera:

Trichogrammatidae) expostas à dose (0,0125 g i.a/L) de deltametrina (CARVALHO; PARRA; BAPTISTA, 2003).

O impacto causado por diferentes agrotóxicos na emergência do parasitoide de ovos *Telenomus remus* Nixon (Hymenoptera: Scelionidae) foi avaliado quando aplicados nas fases de larva e pupa no hospedeiro *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae). Os reguladores de crescimento foram seletivos as fases imaturas, entretanto quando tratadas com bifentrina (5g i.a. ha⁻¹) houve uma redução no parasitismo de (89,6 e 86% do controle) larva e pupa, 52,1 e 36,4% respectivamente e o gama-cialotrina (3,75 i.a. ha⁻¹) foi classificado como levemente nocivo para larvas de *T. remus*. O organofosforado clorpirifós foi nocivo a ambas as fases provocando uma redução de 100% no parasitismo (CARMO *et al.*, 2009). Piretroides, carbamatos e organofosforados [fenpropathrin (0,19 - 150ml/L, carbaryl (0,45 - 3,75 ml/L) e chlorpyrifos (0,63 - 5,0 ml/L)] foram altamente nocivos ao parasitoide *Haeckelia sperata* Pinto (Hymenoptera:Trichogrammatidae) de ovos de *Diaprepes abbreviatus* L. (Coleoptera: Curculionidae), causando mortalidade de 100% tanto nas doses menores, quanto nas maiores doses utilizadas. Foi observado um efeito rápido e tóxico, principalmente, em adultos, já que estes estão mais propensos a ficar em contato com os resíduos do produto (CARRILLO; PEÑA; ROGERS, 2009).

Os inseticidas azinphos methyl (200 g/ha), spinosad (120 g/ha), methoxyfenozide (40 g/ha) e indoxacarb (17 g/ha) causaram a mortalidade de mais de 60% de insetos da ordem Hymenoptera (Calcidoidea e Braconidae Aphidiidae) quando estes ficaram expostos a esses produtos (CIVOLANI *et al.*, 2007). Endossulfam (750 ml/100L) foi altamente tóxico a *T. pretiosum* e *Trichogramma exiguum* Pinto e Platner, (Hymenoptera: Trichogrammatidae), matando rapidamente os adultos de ambas as espécies, etofenproxi (47ml/100L) demonstrou menor seletividade e o triflumurom (20ml/100L) foi seletivo aos parasitoides (GOULART *et al.*, 2008).

O triflumuron (0.048 g i.a. L⁻¹) foi seletivo para a espécie *Trichogramma atopovirilia* Oatman & Platner, 1983 (Hymenoptera:Trichogrammatidae), já chlorfenapyr (0,6 g i.a. L⁻¹) e chlorpyrifos (0,75 g i.a. L⁻¹) causou 100% de mortalidade deste parasitoide (MAIA *et al.*, 2010). Os organofosforados estão entre o grupo de inseticidas mais tóxicos aos inimigos naturais. A exposição de *Aphytis melinus* Debach (Hymenoptera: Aphelinidae) a carbaryl, chlorpyrifos, dimethoate, malathion, e methidathion reduziu em 73-85% a longevidade do parasitoide (ROSENHEIM; HOY, 1988).

A associação de buprofezina (150 g i.a. ha⁻¹) + óleo mineral 0,2% v/v e piriproxifem (100 g i.a. ha⁻¹) apresentou melhor eficiência de controle da mosca branca,

Bemisia tabaci (Gennadius) biótipo B e maior seletividade aos parasitoides *T. pretiosum* e ao *T. remus* (VIEIRA *et al.*, 2012). Os piretroides permetrina (49,92 g i.a. ha⁻¹), bifentrina (5 g i.a. ha⁻¹), gama-cialotrina (3,75 g i.a. ha⁻¹), reduziram a taxa de parasitismo de *Trichogramma pretiosum* de 63% para 24, 47 e 37% respectivamente, e foram considerados levemente nocivos (CARMO *et al.*, 2010). A deltametrina foi medianamente seletiva a *Cotesia* sp. (Hymenoptera: Braconidae) ocasionando mortalidade de 63% em adultos do parasitoide, entretanto a permetrina não foi considerada seletiva (73%) (PICANÇO *et al.*, 2003).

1.3 Controle biológico – Parasitoides

Parasitoides são importantes inimigos naturais, apresentam grande diversidade e elevadas taxas de parasitismo sobre a população hospedeira. Com predominância de espécies de Hymenoptera e Diptera (DALL'OGGIO *et al.*, 2003). Há aproximadamente 50 mil espécies descritas de himenópteros, distribuídos nas famílias Trichogrammatidae, Ichneumonidae, Eulophidae, Braconidae e Scelionidae, que parasitam ovos, larvas, pupas ou adultos de Lepidoptera, Coleoptera e Diptera (PEREIRA *et al.*, 2008; SOARES *et al.*, 2007). São os inimigos naturais mais abundantes nos plantios de eucalipto (DALL'OGGIO *et al.*, 2003).

Os himenópteros parasitoides são caracterizados pelo desenvolvimento de suas larvas dentro do corpo do seu hospedeiro, causando sua morte. Ao reduzir a população de seus hospedeiros, ajudam a minimizar os danos e evitam a emergência da praga, interrompendo seu ciclo de vida (DESNEUX; RAFALIMANANA; KAISER, 2004). A família Eulophidae apresenta 283 gêneros e 3.977 espécies em áreas tropicais e temperadas como endoparasitoides ou ectoparasitoides, idiobiontes ou coinobiontes, solitários ou gregários (PEREIRA *et al.*, 2008; COLINET; BOIVIN, 2011).

O controle biológico é uma importante técnica para reduzir a utilização de produtos químicos e restabelecer o equilíbrio nos agroecossistemas entre insetos-praga e seus inimigos naturais (PIRES *et al.*, 2006; GONZALÉZ *et al.*, 2013). Dentre os inimigos naturais, os parasitoides são os que ocorrem com maior abundância nos cultivos de eucalipto (BITTENCOURT; BERTI FILHO 1999, 2004; PEREIRA *et al.*, 2009; SOARES *et al.*, 2007).

Palmistichus elaeisis Delvare & LaSalle 1993 (Hymenoptera: Eulophidae) é um endoparasitoide de hábito gregário que se desenvolve, geralmente, em pupas de lepidópteros pragas e dessa forma inviabilizam a emergência dos adultos (ZANUNCIO *et al.*, 2008; PEREIRA *et al.*, 2010a). *Palmistichus elaeisis* tem sido relatado ocorrendo naturalmente em pupas de *Eupseudosoma involuta* (Sepp) (Lepidoptera: Arctiidae), *Euselasia eucerus* Hewitson (Lepidoptera: Riodinidae), *Thyrintina arnobia* (Stoll) (Lepidoptera:

Geometridae), *Hylesia* sp.(Lepidoptera: Saturniidae), *Hypsipyla grandella* (Zeller) (Lepidoptera: Pyralidae) (PEREIRA *et al.*, 2009; SOARES *et al.*, 2009; ZACHÉ *et al.*, 2013).

A espécie *P. elaeisis* apresenta grande potencial para ser utilizada no controle biológico de pragas florestais e agrícolas, dentre elas os lepidópteros pragas que atacam as plantações de eucalipto (ZANUNCIO *et al.*, 2008; ANDRADE *et al.*, 2010; PEREIRA *et al.*, 2010b).

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Avaliar a toxicidade de doses do inseticida deltametrina (Decis 25 CE[®]) sobre a geração parental e da prole do parasitoide de pupas *P. elaeisis*. Analisar os efeitos letais e subletais que este inseticida pode ocasionar a este inimigo natural, e observar os efeitos crônicos ao longo de várias gerações de *P. elaeisis*.

2.2 Objetivos Específicos

- Avaliar os efeitos letais e subletais da deltametrina.
- Avaliar o parasitismo, emergência, longevidade e razão sexual de *P. elaeisis*.
- Determinar os parâmetros morfométricos (tamanho da tíbia posterior e tamanho da cápsula cefálica) de *P. elaeisis* expostos à deltametrina.
- Determinar a curva de dose-resposta e a CL₅₀ da deltametrina para o parasitoide *P. elaeisis*.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDRADE, G.S., et al. Immunity of an alternative host can be overcome by higher densities of its parasitoids *Palmistichus elaeisis* and *Trichospilus diatraeae*. **PloSOne**, v. 5, n. 10, p. 01-07, oct. 2010.
- BACCI, L., et al. Inseticidas seletivos à tesourinha *Doru luteipes* (Scudder) utilizados no controle do pulgão verde em brássicas. **Horticultura Brasileira**, v. 20, n. 2, p. 174-179, jun. 2002.
- BIDDINGER, D. J.; LESLIE, T.W., JOSHI, N. K. Reduced-risk pest management programs for Eastern U.S. Peach Orchards: Effects on arthropod predators, parasitoids, and select pests. **Journal of Economic Entomology**, v. 107, n. 3, p. 1084-1091, jun. 2014.
- BIONDI, A., et al. Do biopesticides affect the demographic traits of a parasitoid wasp and its biocontrol services through sublethal effects? **PlosOne**, v. 8, n. 9, p. 01-11, sep. 2013.
- CARMO, E. L., et al. Seletividade de produtos fitossanitários utilizados na cultura da soja para pupas de *Trichogramma pretiosum* riley, 1879 (Hymenoptera: Trichogrammatidae). **Arquivos do Instituto Biológico**, v.77, n. 2, p.283-290, abr./jun., 2010.
- CARMO, E. L., et al. Seletividade de diferentes agrotóxicos usados na cultura da soja ao parasitoide de ovos *Telenomus remus*. **Ciência Rural**, v. 39, n. 8, p. 2293-2300, nov. 2009.
- CARRILLO, D.; PEÑA, J. E., ROGERS, M. E. Relative susceptibility of *Haekeliana sperata* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) to pesticides used in *Citrus* and ornamental systems in Florida. **Journal Economy Entomology**, v. 102, n. 3, p. 905-912, jun. 2009.
- CARVALHO, G. A.; PARRA, J. R. P.; BAPTISTA, G. C. Efeito de produtos fitossanitários utilizados na cultura do tomateiro (*Lycopersicon esculentum* Mill.) sobre *Trichogramma pretiosum* Riley, 1879 nas gerações F1 e F2 em ovos de *Anagasta kuehniella* (Zeller, 1879). **Ciência agrotecnológica**, v. 27, n. 2, p. 295-304, apr. 2003.
- CIVOLANI, S., et al. Preliminary investigation on the toxicity of different formulations on some groups of beneficial arthropods in Emilia-Romagna Orchards. **Italian Journal Agronomy**, v. 2, p. 157-160, jan. 2007.
- COLINET, H.; BOIVIN, G. Insect parasitoids cold storage: A comprehensive review of factors of variability and consequences. **Biological Control**, v. 58, n. 2, p. 83-95, aug. 2011.
- CORSO, I. C.; GAZZONI, D. L.; NERY, M. E. Efeito de doses e de refúgio sobre a seletividade de inseticidas a predadores e parasitoides de pragas de soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 34, n. 9, p. 1529-1538, set. 1999.
- DALL'OGGIO, O. T., et al. Atlantic rainforest remnant harbors greater biotic diversity but reduced lepidopteran populations compared to a *Eucalyptus* plantation. **The Florida Entomologist**, v. 96, p. 887-896, sep. 2013.

DALL'OGGIO, O. T., *et al.* Himenópteros parasitoides coletados em povoamento de *Eucalyptus grandis* e mata nativa em ipaba, estado de Minas Gerais. **Ciência Florestal**, v. 13, n. 1, p. 123-129, 2003.

DELPUECH, J. M.; DELAHAYE, M. The sublethal effects of deltamethrin on *Trichogramma* behaviors during the exploitation of host patches. **Science of The Total Environment**, v. 447, n. 1, p. 274-279, mar. 2013.

DELPUECH, J. M.; DUPONT, C., ALLEMAND, R. Effects of deltamethrin on the specific discrimination of sex pheromones in two sympatric *Trichogramma* species. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 84, n. 1, p. 32-38, oct. 2012.

DESNEUX, N.; DECOURTYE, A.; DELPUECH, J. M. The sublethal effects of pesticides on beneficial arthropods. **Annual Review of Entomology**, v. 52, p. 81-106, jan. 2007.

DESNEUX, N.; DENOYELLE, R., KAISER, L. Dose-response relationship in lethal and behavioural effects of different insecticides on the parasitic wasp *Aphidius ervi*. **Chemosphere**, v. 54, n. 5, p. 619-627, feb. 2004.

DONG, K. E. *et al.* Molecular biology of insect sodium channels and pyrethroid resistance. **Insect Biochemistry and Molecular Biology**, v. 50, p. 1-17, july 2014.

FERNANDES, F. L.; BACCI, L., FERNANDES, M. S. Impact and selectivity of insecticides to predators and parasitoids. **EntomoBrasilis**, v. 3, n. 1, p. 01-10, jan./abr. 2010.

GONZÁLEZ, J. O. W., *et al.* Lethal and sublethal effects of four essential oils on the egg parasitoids *Trissolcus basal*. **Chemosphere**, v. 92, n. 5, p. 608-615, july 2013.

GOULART, R. M., *et al.* Avaliação da seletividade de inseticidas a *Trichogramma* spp. (Hymenoptera: Trichogrammatidae) em diferentes hospedeiros. **Arquivos do Instituto Biológico**, v.75, n.1, p. 69-77, jan./mar., 2008.

HOLTZ, A. M., *et al.* Aspectos biológicos de *Thyrintina arnobia* (Lep.: Geometriidae) provenientes de lagartas criadas em folhas de *Eucalyptus cloeziana* ou de *Psidium guajava* sob condições de campo. **Revista Árvore**, v. 27, n. 6, p. 897-901, nov./dec., 2003.

MAIA, J. B. *et al.* Selectivity of insecticides used in corn crops to adult *Trichogramma atopovirilia* (Hymenoptera: Trichogrammatidae). **Revista Colombiana de Entomología**, v. 36, n. 2, p. 202-206, dec. 2010.

MENEZES, C. W. G., *et al.* Novos insetos sugadores (Hemiptera) atacando *Eucalyptus cloeziana* (Myrtaceae) em Minas Gerais, Brasil. **EntomoBrasilis**, v. 5, n. 3, p. 246-248, 2012.

MEWES, W. L. C. *et al.* Aplicação de agrotóxicos em eucalipto utilizando pulverizador pneumático. **Revista Árvore**, v. 37, n. 2, p. 347-353, abr. 2013.

MUHAMMAD, A. K.; KHAN, H., RUBERSON, J. R. Lethal and behavioral effects of selected novel pesticides on adults of *Trichogramma pretiosum* (Hymenoptera: Trichogrammatidae). **Pest Management Science**, p. 1640-1648, dec. 2015.

PEREIRA, F. F., *et al.* Thermal requirements and estimate number of generations of *Palmistichus elaeisis* (Hymenoptera: Eulophidae) in different *Eucalyptus* plantations regions. **Brazilian Journal of Biology**, v. 71, n. 2, p. 431-436, may 2011.

PEREIRA, F. F., *et al.* Species of Lepidoptera defoliators of *Eucalyptus* as new host for the parasitoid *Palmistichus elaeisis* (Hymenoptera: Eulophidae). **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 5, n. 2, p. 259-262, apr. 2008.

PEREIRA, F. F., *et al.* Parasitismo de *Palmistichus elaeisis* (Hymenoptera: Eulophidae) em hospedeiro alternativo sobre plantas de eucalipto em semi-campo. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 41, n. 4, p. 715-720, nov./dec. 2010b.

PEREIRA, F. F., *et al.* The density of females of *Palmistichus elaeisis* Delvare and LaSalle (Hymenoptera: Eulophidae) affects their reproductive performance on pupae of *Bombyx mori* L. (Lepidoptera: Bombycidae). **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 82, n. 2, p. 323-331, jun. 2010a.

PEREIRA, F. F., *et al.* Progenie de *Palmistichus elaeisis* Delvare & LaSalle (Hymenoptera: Eulophidae) parasitando pupas de *Bombyx mori* L. (Lepidoptera: Bombycidae) de diferentes idades. **Neotropical Entomology**, v. 38, n. 5, p. 660-664, sept./oct. 2009.

PICANÇO, M. C. *et al.* Seletividade de inseticidas a *Doru luteipes* (Scudder, 1876) (Dermaptera: Forficulidae) e *Cotesia* sp. (Hymenoptera: Braconidae) inimigos naturais de *Ascia monuste orseis* (Godart, 1818) (Lepidoptera: Pieridae). **Ciência Rural**, v. 33, n. 2, apr. 2003.

PIRES, E. M., *et al.* Potencial reprodutivo horário do predador de lagartas desfolhadoras do eucalipto: *Podisus nigrispinus* (Heteroptera: Pentatomidae). **Revista Árvore**, v. 30, n. 6, p. 1039-1044, nov./dez. 2006.

QUEIROZ, D. L. *et al.* Feeding and oviposition preferences of *Ctenarytaina spatulata* Taylor (Hemiptera, Psyllidae) for *Eucalyptus* spp. and other *Myrtaceae* in Brazil. **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 54, n. 1, p. 149-153, mar. 2010.

ROSENHEIM, J. A.; HOY, M. A. Sublethal effects of pesticides on the parasitoid *Aphytis melinus* (Hymenoptera: Aphelinidae). **Journal of Economic Entomology**, v. 81, n. 2, p. 476-483, apr. 1988.

Santos, G. P. *et al.* Pragas do Eucalipto. **Informe Agropecuário**, v. 29, p. 43-64, 2008.

SOARES, M. A., *et al.* Superparasitism by *Palmistichus elaeisis* (Hymenoptera: Eulophidae) and defense behaviors of two hosts. **Revista Colombiana de Entomología**, v. 35, n. 1, p. 62-65, june 2009.

SOARES, M. A., *et al.* Flight capacity, parasitism and emergence of five *Trichogramma* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) species from forest areas in Brazil. **Phytoparasitica**, v. 35, n. 3, p. 314-318, june, 2007.

STEFANELLO JUNIOR, G. J., *et al.* Persistência de agrotóxicos utilizados na cultura do milho ao parasitoide *Trichogramma pretiosum* Riley, 1879 (Hymenoptera: Trichogrammatidae). **Ciência Rural**, v. 42, n. 1, p. 17-23, 2012.

VELÍSEK, J., *et al.* Effects of deltamethrin on rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). **Environmental Toxicology and Pharmacology**, v. 23, n. 3, p. 297-301, may 2007.

VIEIRA, S. S., *et al.* Efeitos dos inseticidas utilizados no controle de *Bemisia tabaci* (Gennadius) biótipo B e sua seletividade aos inimigos naturais na cultura da soja. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 33, n. 5, p. 1809-1818, set./out. 2012.

ZACHÉ, B., *et al.* *Palmistichus elaeisis* (Hymenoptera: Eulophidae) parasitizing pupae of *Hypsipyla grandella* (Lepidoptera: Pyralidae). **Florida Entomological Society**, v. 96, n. 3, p. 1207-1208, sep. 2013.

ZANUNCIO, A. J. V., *et al.* *Megaplatypus mutatus* (Chapuis) (Coleoptera: Curculionidae: Platypodinae) attacks Hybrid *Eucalyptus* L'Héritier De Brutelle clones in southern Espírito Santo, Brazil. **The Coleopterists Bulletin**, v. 64, n. 1, p. 81-83, mar. 2010.

ZANUNCIO, J. C., *et al.* *Tenebrio molitor* Linnaeus (Coleoptera: Tenebrionidae), a new alternative host to rear the pupae parasitoid *Palmistichus elaeisis* Delvare & LaSalle (Hymenoptera: Eulophidae). **The Coleopterists Bulletin**, v. 62, n. 1, p. 64-66, mar. 2008.

ZANUNCIO, J. C., *et al.* Mortality of the defoliator *Euselasia eucerus* (Lepidoptera: Riodinidae) by biotic factors in *Eucalyptus urophylla* plantation in Minas Gerais State, Brazil. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 81, n. 1, p. 61-66, mar. 2009.

CAPÍTULO I

EXPOSIÇÃO DE *Palmistichus elaeisis* (HYMENOPTERA: EULOPHIDAE) A DOSES DE DELTAMETRINA

RESUMO

Lepidópteros desfolhadores estão entre as mais importantes pragas que atacam o eucalipto, sendo que o controle químico é o principal método de controle dessas pragas. Entretanto, nos últimos anos o uso de inimigos naturais tem ganhado destaque. O Decis25 CE[®] (deltametrina, 25 g/l CE) é um dos inseticidas registrados para o controle de lepidópteros desfolhadores que atacam o eucalipto. O estudo avaliou a seletividade do inseticida Decis 25 CE[®] para a espécie *Palmistichus elaeisis* Delvare & LaSalle, (Hymenoptera: Eulophidae) e os efeitos sobre o parasitismo, emergência, longevidade e morfometria. O experimento foi realizado em delineamento inteiramente casualizado, com nove tratamentos e dez repetições. Os tratamentos foram constituídos pelo controle, com água destilada e as seguintes concentrações de deltametrina: 0,64 mg i.a./L, 1,4 mg i.a./L, 3,10 mg i.a./L, 6,83 mg i.a./L, 15,03 mg i.a./L, 33,05 mg i.a./L, 72,7 mg i.a./L e 160 mg i.a./L aplicadas sobre a pupa do hospedeiro alternativo *Tenebrio molitor* Linnaeus, (Coleoptera: Tenebrionidae). A deltametrina reduziu a taxa de parasitismo de *P. elaeisis*. Nas doses intermediárias (3,10 mg i.a./L, 6,83 mg i.a./L, 15,03) o parasitismo ficou em 65%, e nas doses mais elevadas (33,05 mg i.a./L, 72,7 mg i.a./L e 160 mg i.a./L) o parasitismo decresceu a 10%. O número de parasitoides emergidos de pupas de *T. molitor* expostas à deltametrina foi inversamente proporcional à dose. Foi observada uma redução significativa na taxa de emergência com o aumento da concentração do inseticida. Não foram observadas diferenças significativas na longevidade parental e da prole de *P. elaeisis*. O comprimento da cápsula cefálica e da tíbia posterior apresentou diferenças significativas. A deltametrina afetou o parasitismo e emergência de *P. elaeisis*, comprovando que este inseticida não é seletivo para esse inimigo natural. Portanto, a deltametrina deve ser utilizada de maneira cautelosa, de forma a não prejudicar ou afetar o mínimo possível o ciclo de vida deste parasitoide. Para que seus serviços ecológicos não sejam comprometidos.

Palavras-Chave: Inimigo natural, Parasitoide e Seletividade.

ABSTRACT

Lepidopteran defoliating are among the most important pests of eucalyptus, and chemical control is the main method of control of these pests. However, in recent years the use of natural enemies has gained prominence. The Decis25 CE® (deltamethrin, 25 g / l EC) is one of the insecticides registered for the control of lepidopteran defoliating that attack eucalyptus. The study evaluated the selectivity of insecticide Decis 25 CE® for the species *Palmistichus elaeisis* Delvare & LaSalle (Hymenoptera: Eulophidae) and the effects on parasitism, emergency, longevity and morphometry. The experiment was conducted in a completely randomized design with nine treatments and ten repetitions. The treatments were for control with distilled water and the following concentrations of deltamethrin: 0.64 mg ai/L, 1.4 mg ai / L, 3.10 mg ai / L, 6.83 mg ai / L , 15.03 mg ai / L, 33.05 mg ai / L, 72.7 mg ai / L and 160 mg ai / L applied on the pupa of the alternative host *Tenebrio molitor* Linnaeus (Coleoptera: Tenebrionidae). The deltamethrin reduced the rate of parasitism of *P. elaeisis*. In the intermediate doses (3.10 mg ai / L, 6.83 mg ai / L, 15.03) parasitism was 65%, and in higher doses (33.05 mg ai / L, 72.7 mg ai / L and 160 mg ai / l) parasitism decreased to 10%. The number of emerged parasitoids of *T. molitor* pupae exposed to deltamethrin was inversely proportional to the dose. There was observed significant reduction in emergency rate with increasing concentration of the insecticide. No significant differences were observed in parental longevity and *P. elaeisis* offspring. The length of head capsule and rear tibia significant differences. The deltamethrin affected parasitism and emergency *P. elaeisis*, proving that this insecticide is not selective for this natural enemy. Therefore, deltamethrin should be used warily so as not to harm or affect the possible minimum the life cycle of this parasitoid. For its ecological services are not compromised.

Keywords: Natural enemy, Parasitoid and Selectivity.

1 INTRODUÇÃO

A eucaliptocultura ocupa atualmente uma importante posição no agronegócio brasileiro, sendo responsável por fornecer boa parte da matéria prima utilizada em indústrias de papel e siderurgias (SANTOS; ZANUNCIO, T.; ZANUNCIO, J., 2000). Essas plantas são cultivadas em sistemas de monocultivo, que reduz a complexidade estrutural e consequentemente perdas na biodiversidade. Aliado ao uso de inseticidas, afeta severamente a biodiversidade funcional aumentando o risco da ocorrência de surtos populacionais de artrópodes herbívoros (BOOIJ; NOORLANDER, 1992; ZANUNCIO *et al.*, 1998; ALTIERI, 1999; RICHARDS, 2001; DALL'OGGIO *et al.*, 2013).

Lepidópteros desfolhadores estão entre as mais importantes pragas que atacam a cultura do eucalipto (SOARES *et al.*, 2009). Infestações desses insetos pragas podem ocorrer de forma esporádica ou em surtos ao longo do ano (MACEDO-REIS *et al.*, 2013). Para minimizar o risco de prejuízos causados por desfolhadores o controle químico é muito utilizado, devido ao seu baixo custo e alta eficiência. Entretanto, o risco de dano ambiental decorrente do uso desses produtos tem estimulado o desenvolvimento de técnicas alternativas para controle de pragas. O uso de inimigos naturais tem sido sistematicamente estudado nos últimos anos (SAYYED; PATHAN; FAHEEM, 2010; SOARES *et al.*, 2012).

Algumas espécies da ordem Hymenoptera estão entre os grupos de inimigos naturais mais utilizados no controle biológico. Esses insetos apresentam grande diversidade de hábitos e são considerados importantes elementos dos ecossistemas agrícolas e florestais pela sua eficiência no controle de diversas espécies de pragas (PERIOTO *et al.*, 2002; DALL'OGGIO *et al.*, 2003). *Palmistichus elaeisis* Delvare & LaSalle, 1993 (Hymenoptera: Eulophidae) é um endoparasitoide com potencial para ser utilizado em programas de controle biológico (PEREIRA *et al.*, 2010) se destacando pela eficiência em parasitar pupas de lepidópteros desfolhadores de diversas espécies de interesse econômico (SOARES *et al.*, 2009).

O parasitoide *P. elaeisis* ocorre naturalmente em pupas de *Diatraea saccharalis* (Fabricius) (Crambidae), *Eupseudosoma involuta* (Sepp) (Arctiidae), *Euselasia eucerus* (Hewitson) (Riodinidae), *Anticarsia gemmatalis* (Hubner), *Heliothis virescens* (Fabricius), *Spodoptera frugiperda* (Smith) (Noctuidae), *Thyrinteina arnobia* (Stoll) (Geometridae) e *Sarsina violascens* (Herrich-Schaeffer) (Lymantriidae) (ANDRADE *et al.*, 2010; BITTENCOURT; BERTI-FILHO, 2004, 1999; PEREIRA *et al.*, 2008; ZACHÉ, B.; ZACHÉ, R., WILCKEN, 2012). E pode ser criado em hospedeiro alternativo, *Tenebrio molitor* Linnaeus (Coleoptera: Tenebrionidae) (ZANUNCIO *et al.*, 2008). Isto torna esse

parasitoide uma alternativa promissora para multiplicação e liberação em surtos de lagartas desfolhadoras de eucalipto (PEREIRA *et al.*, 2008).

O emprego do controle biológico tem como objetivo principal incrementar os fatores de mortalidade natural de pragas nos sistemas produtivos (GONRING *et al.*, 2003). O uso de inseticidas seletivos é, portanto, crucial para a manutenção de populações de inimigos naturais e seus serviços ecológicos (BALE; VAN LENTEREN; BIGLER, 2008). Para que a integração do controle biológico e químico seja bem sucedida é necessário conhecer os efeitos dos agroquímicos sobre os agentes de controle biológico (WILLIAMS III; PRICE; MANRIQUE, 2003).

O Decis 25 CE[®] (deltametina, 25 g/l CE [Concentrado emulsionável]; Bayer CropScience S.A., Brasil) é um dos inseticidas utilizados na cultura do eucalipto para controle de lagartas desfolhadoras (GONRING *et al.*, 2003). Esse inseticida afeta o sistema nervoso central e periférico do inseto, atuando nos canais dependentes de sódio. Seu mecanismo de ação envolve a interação com esses canais mantendo-os abertos e estimulando a produção de descargas elétricas repetitivas nas células nervosas. A ruptura do mecanismo de transmissão do impulso elétrico no sistema nervoso causa paralisia e eventualmente provoca a morte do inseto (RINKEVICH *et al.*, 2015).

A sensibilidade aos inseticidas varia entre os diferentes grupos de organismos, não sendo incomum que doses não letais para uma espécie desencadeie um efeito consideravelmente tóxico em outras, muitas vezes essas variações de sensibilidade são observadas entre populações de uma mesma espécie (DENHOLM *et al.*, 1998; FFRENCH-CONSTANT; DABORN, GOFF, 2004). A toxicidade de um inseticida comumente é avaliada por meio de bioensaios dose-resposta (WANG *et al.*, 2012). Estudos sobre a toxicidade do inseticida deltametrina para o parasitoide *P. elaeisis* não foram observados na literatura. Portanto, este trabalho teve objetivo de avaliar a seletividade do inseticida Decis 25 CE[®] para a espécie *P. elaeisis*.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Laboratório de Controle Biológico de Insetos da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, em Diamantina, Minas Gerais. Foi utilizada sala climatizada com temperatura $25\pm 2^{\circ}\text{C}$, umidade relativa de $70\pm 10\%$ e fotoperíodo de 12 horas.

O inseticida utilizado foi o Decis 25 CE[®] (deltametina, 25 g/l CE), composição química (S)-a-cyano-3-phenoxybenzyl (1R,3R)-3-(2,2-dibromovinyl)- 2,2-

dimethylcyclopropanecarboxylate, registrado no Brasil para a cultura do eucalipto para o controle de lagartas desfolhadoras. O experimento foi realizado em delineamento inteiramente casualizado, com nove tratamentos e dez repetições. Os tratamentos foram constituídos pelo controle, com água destilada (T1) e as concentrações de deltametrina: 0,64 mg.i.a./L (T2); 1,4 mg i.a./L (T3); 3,10 mg i.a./L (T4); 6,83 mg i.a./L (T5); 15,03 mg i.a./L (T6); 33,05 mg i.a./L (T7); 72,7 mg i.a./L (T8) e 160 mg i.a./L (T9).

Os parasitoides utilizados no experimento foram obtidos da criação massal mantida no laboratório em potes de 500 mL. Para a manutenção da criação utilizou-se pupas do hospedeiro alternativo *T. molitor*, com menos de 24h de idade. Para alimentação dos adultos foram disponibilizadas gotas de mel no interior dos potes (PEREIRA *et al.*, 2008).

As pupas foram expostas ao inseticida através do método de imersão número 007 do IRAC – *Insecticide Resistance Action Committee* – (IRAC, 2010) com algumas modificações. Noventa pupas de *T. molitor* com menos de 24h de idade, peso médio de 0,104 g e uma área de superfície média de $7,85 \times 10^{-5} \text{ m}^2$ foram mergulhadas por dois segundos em solução de inseticida com diferentes concentrações diluídas em 100 mL (MENEZES *et al.*, 2014; IRAC, 2010).

Em cada repetição utilizou-se uma pupa de *T. molitor* tratada com uma das respectivas concentrações do inseticida e seis fêmeas de *P. elaeisis*, sem experiência prévia de oviposição. O bioensaio foi montado no interior de tubos de ensaio (14 x 2,2 cm) e posteriormente deixado em estufa do tipo B.O.D. Após as 48 horas de exposição ao parasitismo, as pupas foram transferidas para potes plásticos de 250 mL, até a emergência dos adultos. As concentrações letais CL_{50} e a CL_{10} foram obtidas por meio da análise de Probit, (FINNEY, 1971) sendo a CL_{50} estimada na concentração de 18,54 mg de i.a / mL e a CL_{10} no valor de 1,12 mg de i.a / mL.

A porcentagem de parasitismo foi avaliada pela mudança de coloração da pupa. A longevidade da prole das fêmeas de *P. elaeisis* foi avaliada diariamente. Foram obtidas as taxas de parasitismo, emergência e razão sexual. Esta última calculada pela fórmula:

Figura 1- Fórmula Razão Sexual

$$RS = \frac{\text{Número de fêmeas}}{\text{Número de machos} + \text{Número de Fêmeas}}$$

O comprimento da cápsula cefálica, na altura mediana dos olhos e o comprimento da tíbia posterior dos parasitoides emergidos de cada tratamento foram obtidos com o auxílio

de uma câmera (Optika OPTIKAM B5) acoplada à um microscópio estereoscópico. Utilizou-se o software Optika Vision Lite 2.1 para fazer as medições morfométricas.

Os dados foram submetidos a testes de homogeneidade e normalidade e a Análise de Variância (ANOVA) com o auxílio do software R versão 3.2.0. Quando significativos foram analisados por meio de análises de regressão.

3 RESULTADOS

3.1 Parasitismo – geração parental

A susceptibilidade de *P. elaeisis* variou com o incremento da concentração de deltametrina. Observou-se um decréscimo do número de pupas parasitadas com o aumento da concentração do inseticida. Nos tratamentos com as menores doses, 0,64 mg i.a./L, 1,4 mg i.a./L e 3,10 mg i.a./L, a porcentagem de parasitismo foi de 100%. Nos tratamentos com doses intermediárias, 6,83 mg i.a./L e 15,03 mg i.a./L, a taxa de parasitismo foi reduzida para 65%. No tratamento com a dose de 33,05 mg i.a./L o parasitismo foi 40%. Nas doses mais elevadas, 72,7 mg i.a./L e 160 mg i.a./L o parasitismo decresceu a 10%, uma vez que a maioria das pupas morreram pela exposição à deltametrina (Figura 2).

3.2 Emergência – prole

A duração média do ciclo biológico (ovo-adulto) de *P. elaeisis* foi de 24,6 dias. O número de adultos emergidos de pupas de *T. molitor* expostas à deltametrina foi inversamente proporcional à dose. À medida que se aumentou a dose do inseticida houve redução significativa na taxa de emergência. Foi observada redução acentuada da emergência nos tratamentos com as doses 6,83 mg i.a./L e 15,03 mg i.a./L, com aproximadamente 15% e 5% respectivamente, enquanto no controle a emergência foi de 70%. Nos tratamentos com doses mais elevadas (33,05 mg i.a./L, 72,7 mg i.a./L e 160 mg i.a./L) não houve emergência de adultos de *P. elaeisis* (Figura 3).

3.3 Razão Sexual - prole

A razão sexual média de *P. elaeisis* variou de 0,80 – 0,97, sendo o menor valor para o tratamento 15,03 mg i.a./L e o maior valor no tratamento 6,83 mg i.a./L. A razão sexual do tratamento controle foi de 0,93.

3.4 Longevidade - Fêmeas parentais e prole

A longevidade de fêmeas parentais de *P. elaeisis* expostas a doses de deltametrina e da prole não apresentaram diferenças significativas em relação ao tratamento controle. A

longevidade das fêmeas parentais variou de 28,3 a 38,2 dias e da prole de 17,3 a 47,7 dias (Figura 4 e 5).

3.5 Cápsula cefálica e comprimento da tíbia - prole

O tamanho da cápsula cefálica da prole de *P. elaeisis* diferiu entre os tratamentos. Houve uma redução da cápsula cefálica nos tratamentos com 0,64 mg i.a./L; 1,4 mg i.a./L; 3,10 mg i.a./L com o tamanho variando entre $0,33 \pm 0,01$ mm a $0,48 \pm 0,01$ mm em relação ao controle. Os tratamentos com 6,83 mg i.a./L e 15,03 mg i.a./L, apresentaram indivíduos com cápsula cefálica maior, variando entre $0,50 \pm 0,01$ mm a $0,54 \pm 0,01$ mm (Figura 6).

O comprimento da tíbia da prole de *P. elaeisis*, também diferiu entre os tratamentos avaliados. Parasitoides nos tratamentos 0,64 mg i.a./L; 1,4 mg i.a./L e 3,10 mg i.a./L apresentaram uma redução no comprimento da tíbia em relação ao controle ($0,58 \pm 0,01$ mm). O tamanho variou entre $0,54 \pm 0,01$ mm a $0,55 \pm 0,01$ mm. Os tratamentos 6,83 mg i.a./L e 15,03 mg i.a./L apresentaram indivíduos com comprimento da tíbia maior, variando de $0,64 \pm 0,01$ mm a $0,68 \pm 0,01$ mm (Figura 7).

4 DISCUSSÃO

4.1 Parasitismo

A toxicidade aguda dos inseticidas é caracterizada pela rápida manifestação do efeito adverso no organismo que normalmente leva o indivíduo à morte. Por outro lado, a exposição a doses sub-letais afeta os parâmetros de história de vida refletindo negativamente no *fitness*. Os efeitos dessa exposição são comumente observados no longo prazo e são particularmente importantes para estratégias de controle de pragas por inimigos naturais, pois o desempenho desses organismos pode ser afetado negativamente no campo (WILLIAMS; PRICE 2004; OHNESORG; JOHNSON; O'NEAL, 2009; CLOYD; BETHKE, 2011; VARENHORST; O'NEAL, 2012). Para o parasitoide *Anagrus nilaparvatae* (Pang et Wang) (Hymenoptera: Mymaridae) a taxa de parasitismo não diferiu do controle, quando expostos a CL₁₀ (2,0 mg i.a./L) e CL₂₀ (3,0 mg i.a./L) de deltametrina (LIU *et al.*, 2012). A deltametrina também não afetou a capacidade de parasitismo de *Trichogramma cordubensis* Vargas & Cabello (Hymenoptera: Trichogrammatidae) na dose recomendada (12,5 mg i.a./L) e na CL₅₀ (23,6 mg i.a./L) (GARCIA *et al.*, 2006).

As fêmeas de *Trichogramma brassicae* Bezdenko (Hymenoptera: Trichogrammatidae) expostas a ovos de *Ephestia kuehniella* Zeller (Lepidoptera, Pyralidae)

tratados com CL₂₀ (4,6 g/ha) de deltametrina utilizaram um maior tempo para parasitar do que fêmeas do controle. Porém, o parasitismo foi significativamente reduzido, ficando em 74% quando expostas a deltametrina e 94% no tratamento controle (DELPUECH; DELAHAYE, 2013). *Eretmocerus mundus* Mercet (Hymenoptera: Aphelinidae) apresentou redução no parasitismo de 30,30% em pupas que foram diretamente expostas a uma dose de 12,45 mg i.a./L de deltametrina. (FERNANDEZ *et al.*, 2015).

As espécies de inimigos naturais respondem de maneira distinta a determinadas perturbações que lhe são impostas. É possível observar pela relação dose-resposta que *P. elaeisis* foi altamente susceptível a deltametrina, sendo necessário cuidado no momento da pulverização deste produto para que não interfira no seu ciclo biológico ou até mesmo cause a morte deste inimigo natural.

4.2 Emergência

A dose recomendada de deltametrina para o controle de insetos pragas em culturas agrícolas varia de 6,3 g/ha a 12,5 g/ha (DELPUECH; DELAHAYE, 2013). Para o eucalipto, a dose comercial para controlar espécies de lagartas desfolhadoras é de 5 g/ha - 33,3 mg/L. Na curva obtida para emergência de *P. elaeisis* (Figura 3) observa-se que na metade da dose máxima recomendada (15,03 mg/L), a taxa de emergência aproxima-se de 5%. Sendo assim, na dose comercial, a taxa de parasitismo realizado por *P. elaeisis* é severamente afetada, essa alta susceptibilidade a deltametrina afeta o ciclo de vida e pode reduzir significativamente a população deste parasitoide em campo.

Os inseticidas pertencentes ao grupo dos piretroides são usualmente descritos como prejudiciais para artrópodes benéficos (BLIBECH *et al.*, 2015). Esses inseticidas são pouco seletivos e tóxicos para um extenso número de invertebrados, sendo que alguns inseticidas deste grupo são geralmente prejudiciais para os parasitoides (WANG *et al.*, 2014). A elevada lipofilicidade da deltametrina (menos que 0,002 ppm de solubilidade em água), aliada a espessura e composição lipídica da cutícula dos insetos, podem ser responsáveis pela maior penetração desse piretroide (CRESPO *et al.*, 2002)

A taxa de emergência de *Trissolcus grandis* Thompson, (Hymenoptera: Scelionidae) foi reduzida em 34,4% quando tratados com a CL₅₀ (3.9 µ g i.a./mL) de deltametrina (SABER *et al.*, 2005). Fêmeas de *T. brassicae* que sobreviveram à exposição de uma CL₂₀ (40,60 ng i.a.) de deltametrina mostraram redução da capacidade reprodutiva e na aptidão, parasitando uma quantidade menor de ovos do hospedeiro *E. kuehniella* (DELPUECH; DELAHAYE, 2013).

Foi relatada alta susceptibilidade de *Trichogramma cordubensis* Vargas & Cabello (Hymenoptera: Trichogrammatidae) a deltametrina, na CL₅₀ (23,6 mg i.a/L) tendo esta dose afetado, negativamente, a taxa de emergência do inimigo natural em função do tempo de parasitismo. Em 48 horas de parasitismo a emergência ficou em torno de 82% e em 72 horas, 78% em comparação ao controle com 100%. Explicam estes resultados o fato de os parasitoides, provavelmente, terem se contaminado por resíduos do inseticida que se encontravam no córion do ovo do hospedeiro (GARCIA *et al.*, 2006). Para o *Eretmocerus mundus* Mercet (Hymenoptera: Aphelinidae) a deltametrina foi caracterizada como levemente nociva para pupas e adultos, com redução da emergência em 11,46% quando aplicado diretamente sobre a pupa e taxa de mortalidade de 13,45% para adultos em 72 horas (FERNANDEZ *et al.*, 2015).

A deltametrina foi mais tóxica e persistente para adultos e pupas de *Trichogramma cacoeciae* Marchal (Hymenoptera: Trichogrammatidae) na dose 62,5 µg i.a./mL. As propriedades toxicológicas dos piretroides estão relacionadas com a sua capacidade de penetrar rapidamente e interagir com o local de ação. A deltametrina é um α – ciano-phenoxybenzyle. A adição de um grupo ciano (CN) a uma molécula vai torná-la mais polar e mais tóxica. Na formulação existem aditivos (agente molhante, emulsionável e espalhante) que contribuem para a penetração do ingrediente ativo e podem aumentar a sua persistência (YOUSSEF *et al.*, 2004). Os parasitoides são mais sensíveis aos inseticidas na sua fase adulta, pois, durante sua fase juvenil (ovo, larva e pupa) estão protegidas dentro do inseto hospedeiro (RODRÍGUEZ *et al.*, 2003). Em contrapartida, os adultos estão expostos direta e indiretamente ao produto químico, já que na fase adulta são de vida livre.

A emergência reduzida em alguns tratamentos pode estar relacionada aos efeitos letais diretos e a outras perturbações induzidas pelo inseticida, como a má formação de órgãos (DESNEUX; DECOURTYE; DELPUECH, 2007). Entretanto, em alguns casos o inseticida não afeta a emergência do parasitoide. A porcentagem de emergência de *Aphidius ervi* (Haliday) (Hymenoptera: Aphidiinae) não foi significativamente diminuída após a exposição à dose de campo de 6,25g i.a. / ha, utilizando diferentes métodos de aplicação, tanto via tópica ou pulverização da deltametrina (DESNEUX; DENOYELLE; KAISER, 2006).

Parasitoides são organismos que podem exibir plasticidade fenotípica, a habilidade de um único genótipo produzir diferentes fenótipos em resposta às condições ambientais, alterando a fisiologia, morfologia e comportamento devido à limitação de

recursos contido em um único hospedeiro (DUROCHER-GRANGER; MARTEL; BOIVIN, 2011; WEST-EBERHARD, 1989).

4.3 Razão Sexual

Palmistichus elaeisis apresentou razão sexual elevada, entre 0,80 e 0,97, sendo importante para sistemas de criação massal e seleção de indivíduos para liberação em campo, pois são as fêmeas que são responsáveis pela geração subsequente (PEREIRA *et al.*, 2009). Fêmeas de *Telenomus remus* Nixon, (Hymenoptera: Scelionidae) alimentadas ou não apresentaram, no geral, maior número de descendentes fêmeas do que de machos (RS= 0,57) (MEIRELLES; CARNEIRO; FERNANDES, 2009) o que corrobora com os dados encontrados para *P. elaeisis*.

4.4 Longevidade - Fêmeas parentais e prole

A longevidade de fêmeas parentais e da prole de *P. elaeisis* não foi afetada pela exposição a doses de deltametrina. No entanto, efeitos sobre a longevidade, após a exposição a doses letais ou sub-letais de agroquímicos têm sido descritas para espécies de parasitoides (DESNEUX; DECOURTYE; DELPUECH, 2007). A longevidade de fêmeas de *Telenomus busseolae* Gahan, (Hymenoptera: Scelionidae) tratadas com a CL_{25} (0,125 ml/l^{-1}) de deltametrina, através da exposição do parasitoide por 12 horas em folhas de papel filtro tratadas com o inseticida, foi significativamente reduzida ($11,04 \pm 0,64$) em comparação com o controle ($19,13 \pm 3,43$) (BAYRAM *et al.*, 2010).

Foi observada redução da longevidade de *Trichogramma pretiosum* Riley, (Hymenoptera: Trichogrammatidae) expostas à dose 0,0125g i.a/L de deltametrina (CARVALHO; PARRA; BAPTISTA, 2003). O efeito de inseticidas na longevidade pode ser dependente da espécie de parasitoide, do tipo de inseticida e também do método de aplicação. Isto explicaria a ausência de efeitos para este parâmetro em *P. elaeisis*.

4.5 Cápsula cefálica e comprimento da tibia - prole

Não foi possível verificar um efeito direto da deltametrina sobre o tamanho da cápsula cefálica (cc) de *P. elaeisis*. As diferenças observadas são, provavelmente, decorrentes do efeito indireto do inseticida. O tamanho da cápsula cefálica foi menor nos tratamentos com doses mais baixas (0,64 mg.i.a./L, 1,4 mg i.a./L e 3,10 mg i.a./L) possivelmente devido, a maior competição por nutrientes entre os indivíduos na fase jovem (PEREIRA *et al.*, 2008), uma vez que foi observado maior taxa de emergência de *P. elaeisis* nesses tratamentos. Sendo

este um possível motivo do menor tamanho. Nos tratamentos com doses intermediárias, a taxa de emergência de *P. elaeisis* foi muito reduzida e com isso o tamanho da cápsula cefálica foi maior.

O comprimento da tíbia da prole de *P. elaeisis*, também, diferiu entre os tratamentos avaliados. Possivelmente, a competição alimentar foi menor, uma vez que o número de indivíduos por pupa foi reduzido, tendo uma quantidade de recurso maior para ser compartilhada. Em parasitoides, o hospedeiro representa o único recurso nutricional à disposição (COLINET; BOIVIN, 2011), podendo assim haver diferenças no tamanho corporal dos parasitoides em maior ou menor número dentro do hospedeiro.

Os nutrientes foram compartilhados com um número maior de indivíduos na fase larval nos tratamentos 0,64 mg i.a./L; 1,4 mg i.a./L e 3,10 mg i.a./L. Nos tratamentos 6,83 mg i.a./L e 15,03 mg i.a./L, o número de parasitoides dentro do hospedeiro foi menor, sendo que a quantidade de recurso compartilhado foi maior para cada indivíduo. A relação massa/tamanho de parasitoides é um fenótipo altamente variável que pode ser manipulado pela espécie hospedeira, idade ou condições de criação (COLINET; BOIVIN, 2011).

O comprimento médio da tíbia de *Microctonus hyperodae* Loan (Hymenoptera: Braconidae) foi de $0,85 \pm 0,01$ mm tratados com diferentes dietas. A aptidão e a condição de desenvolvimento dos indivíduos estão intimamente correlacionadas positiva ou negativamente à espécie hospedeira (URRUTIA *et al.*, 2007). Normalmente, observam-se diferenças na sensibilidade entre os adultos e os estágios imaturos abrigados dentro do hospedeiro, e produtos que são prejudiciais para o primeiro podem ser inócuos ou menos tóxicos para o último (BIONDI *et al.*, 2015). Artrópodes úteis na agricultura, principalmente inimigos naturais, estão ganhando destaque e sendo considerados cada vez mais importantes, tanto econômica quanto ambientalmente (BIONDI *et al.*, 2012).

Inimigos naturais têm um papel muito importante na mitigação dos impactos ambientais decorrentes do uso de defensivos agrícolas (LOSEY; VAUGHAN, 2006; BIONDI *et al.*, 2012; BARROS *et al.*, 2015). Por isso, torna-se importante reduzir os impactos que levam a mortalidade desses agentes de controle biológico.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A deltametrina não apresentou efeitos negativos sobre a longevidade de *P. elaeisis*, no entanto, afetou o parasitismo e emergência deste parasitoide, quando expostos a doses do inseticida. O tamanho da cápsula cefálica e o comprimento da tíbia apresentaram

diferenças significativas, possivelmente, pela quantidade de recursos compartilhados dentro do hospedeiro.

É de extrema importância o conhecimento dos efeitos que os inseticidas provocam sobre os parasitoides para que a integração entre o controle biológico e químico seja bem sucedida em um Programa de MIP. Esse estudo fornece informações que podem ser úteis para tais programas, em que se objetiva o uso de estratégias sustentáveis de proteção das culturas, por meio da preservação e aumento dos fatores de mortalidade das pragas e combinação de medidas de controle.

Parasitoides são espécies-chave, pois são capazes de controlar populações de diversas espécies de insetos pragas. Sendo essenciais para manter um ecossistema equilibrado e sustentável. A deltametrina não apresentou seletividade para *P. elaeisis*, pois, afetou negativamente parâmetros importantes para a sobrevivência das populações em campo. Dessa forma, é necessário o desenvolvimento de estratégias para o uso de deltametrina em condições de campo de maneira que os impactos sobre as populações de inimigos naturais como o *P. elaeisis* não comprometam sua sobrevivência no ambiente.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALTIERI, M. A. The ecological role of biodiversity in agroecosystems. The ecological role of biodiversity in agroecosystems. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 74, n. 1-3, p. 19-31, jun. 1999.
- ANDRADE, G.S., *et al.* Immunity of an alternative host can be overcome by higher densities of its parasitoids *Palmistichus elaeisis* and *Trichospilus diatraeae*. **PloSOne**, v. 5, n. 10, p. 01-07, oct. 2010.
- BALE, J. S.; VAN LENTEREN, J. C., BIGLER, F. Biological control and sustainable food production. **Philosophical Transactions of the Royal Society B**, v. 363, p. 761-776, feb. 2008.
- BARROS, E. C., *et al.* Ecotoxicological study of insecticide effects on arthropods in common bean. **Journal of Insect Science**, v. 15, n.14, p. 1-9, feb. 2015.
- BAYRAM, A., *et al.* Sub-lethal effects of two pyrethroids on biological parameters and behavioral responses to host cues in the egg parasitoid *Telenomus busseolae*. **Biological Control**, v. 53, n. 2, p. 153-160, may 2010.
- BLIBECH, I., *et al.* Effect of Insecticides on *Trichogramma* Parasitoids Used in Biological Control against Prays oleae **Insect Pest.Advances in Chemical Engineering and Science**, v. 5, n.1, p. 362-372, july 2015.
- BIONDI, A., *et al.* Life stage-dependent susceptibility of *Aphytis melinus* DeBach (Hymenoptera: Aphelinidae) to two pesticides commonly used in citrus orchards. **Chemosphere**, v. 128, p. 142-147, june 2015.
- BIONDI, A., *et al.* The non-target impact of spinosyns on beneficial arthropods. **Pest Management Science**. v.68, n.12, p. 1523-1536, dec. 2012.
- BITTENCOURT, M. A. L.; BERTI-FILHO, E. Preferência de *Palmistichus elaeisis* por pupas de diferentes lepidópteros pragas. **Scientia Agricola**, v. 56, n.4, p. 1281-1283, out./dez., 1999.
- BITTENCOURT, M. A. L.; BERTI-FILHO, E. Desenvolvimento dos estágios imaturos de *Palmistichus elaeisis* Delvare & LaSalle (Hymenoptera, Eulophidae) em pupas de Lepidoptera. **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 48, n.1, p. 65-68, mar. 2004.
- BOOIJ, C. J. H.; NOORLANDER, J. Farming systems and insect predators. **Agricultural Ecosystems and Environment**, v. 40, n. 1-4, p. 125-135, may1992.
- CARVALHO, G. A.; PARRA, J. R. P.; BAPTISTA, G. C. Efeito de produtos fitossanitários utilizados na cultura do tomateiro (*Lycopersicon esculentum* Mill.) sobre *Trichogramma pretiosum* Riley, 1879 nas gerações F1 e F2 em ovos de *Anagasta kuehniella* (Zeller, 1879). **Ciência e Agrotecnologia**, v. 27, n. 2, p. 295-304, apr. 2003.

CLOYD, R. A.; BETHKE, J. A. Impact of neonicotinoid insecticides on natural enemies in green house and interior scape environments. **Pest Management Science**, v. 67, n. 1, p. 3-9, jan. 2011.

COLINET, H.; BOIVIN, G. Insect parasitoids cold storage: A comprehensive review of factors of variability and consequences. **Biological Control**, v. 58, n. 2, p. 83-95, aug. 2011.

CRESPO, A. L. B., *et al.* Seletividade fisiológica de inseticidas a *Vespidae* predadores de *Ascia monuste orseis*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 37, n. 3, p. 237-242, mar. 2002.

DALL'OGGIO, O. T., *et al.* Himenópteros parasitoides coletados em povoamento de *Eucalyptus grandis* e mata nativa em Ipaba, estado de Minas Gerais. **Ciência Florestal**, v. 13, n. 1, p. 123-129, 2003.

DALL'OGGIO, O. T., *et al.* Atlantic rainforest remnant harbors greater biotic diversity but reduced lepidopteran populations compared to a *Eucalyptus* plantation. **The Florida Entomologist**, v. 96, p. 887-896, sep. 2013.

DELPUECH, J. M.; DUPONT, C., ALLEMAND, R. Effects of deltamethrin on the specific discrimination of sex pheromones in two sympatric *Trichogramma* species. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v.84, n. 1, p. 32-38, oct. 2012.

DELPUECH, J. M.; DELAHAYE, M. The sublethal effects of deltamethrin on *Trichogramma* behaviors during the exploitation of host patches. **Science of The Total Environment**, v. 447, n. 1, p. 274-279, mar. 2013.

DENHOLM, I., *et al.* Challenges in managing the insecticide resistance in agricultural pests, exemplified by the whitefly *Bemisia Tabaci*. **Philosophical Transactions: Biological Sciences**, v. 353, p. 1757-1767, oct. 1998.

DESNEUX, N.; DECOURTYE, A.; DELPUECH, J. M. The sublethal effects of pesticides on beneficial arthropods. **Annual Review of Entomology**, v. 52, p. 81-106, jan. 2007.

DESNEUX, N.; DENOYELLE, R., KAISER, L. A multi-step bioassay to assess the effect of the deltamethrin on the parasitic wasp *Aphidius ervi*. **Chemosphere**, v. 65, n. 10, p. 1697-1706, dec. 2006.

DUROCHER-GRANGER, L.; MARTELE, V., BOIVIN, G. Gamete number and size correlate with adult size in the egg parasitoid *Trichogramma euproctidis*. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, v. 140, n. 3, p. 262-268, sept. 2011.

FERNANDEZ, M. D. M., *et al.* Are mummies and adults of *Eretmocerus mundus* (Hymenoptera: Aphelinidae) compatible with modern insecticides? **Journal of Economic Entomology**, v.108, n. 5, p. 2268-2277, oct. 2015.

FFRENCH-CONSTANT, R. H.; DABORN, P. J., GOFF, G. LE. The genetics and genomics of insecticide resistance. **TRENDS in Genetics**, v. 20, n.3, p. 163-170, mar. 2004.

FINNEY, D.J., 197. Probit Analysis. **Cambridge University Press**, London, p. 318.

GARCIA, P., *et al.* Effects of deltamethrin on the reproduction of *Trichogramma cordubensis* (Hymenoptera: Trichogrammatidae). **Biocontrol Science and Technology**, v. 16, n.7, p. 699-708, 2006.

GONRING, A. H. R., *et al.* Seletividade de inseticidas a *Podisus rostralis* (Stal) (Heteroptera: Pentatomidae) predador de lagartas desfolhadoras de eucalipto. **Revista Árvore**, v. 27, n. 2, p. 263-268, apr. 2003.

IRAC, **Insecticide Resistance Action Committee**, 2010. Method No: 007: Leaf eating Lepidoptera and Coleoptera. Available online: <http://www.irac-online.org/wp-content/uploads/2009/09/Method007v3june09.pdf>. (accessed June, 2010).

LIU, F., *et al.* Sublethal effects of four insecticides on *Anagrus nilaparvatae* (Hymenoptera: Mymaridae), an important egg parasitoid of the rice planthopper *Nilaparvata lugens* (Homoptera: Delphacidae). **CropProtection**, v. 37, p. 13-19, july 2012.

LOSEY, J. E.; VAUGHAN, M. The economic value of ecological services provided by insects. **BioScience**, v. 56, n. 4, p. 311-323, apr. 2006.

MACEDO-REIS, L. E., *et al.* Survival of a lepidopteran defoliator of *Eucalyptus* is influenced by local Hillside and forest remnants in Brazil. **The Florida Entomologist**, v. 96, n.3, p. 941-947, sep. 2013.

MENEZES, C. W. G., *et al.* Reproductive and toxicological impacts of herbicides used in *Eucalyptus* culture in Brazil on the parasitoid *Palmistichus elaeisis* (Hymenoptera: Eulophidae). **Weed Research**, v. 52, n. 6, p. 520-525, dec. 2012.

MENEZES, C.W.G., *et al.* *Palmistichus elaeisis* (Hymenoptera: Eulophidae) as an indicator of toxicity of herbicides registered for corn in Brazil. **Chilean Journal of Agricultural Research**, v. 74, n. 3, p. 361-365, set. 2014.

MEIRELLES, A. P.; CARNEIRO, T. R., FERNANDES, O. A. Efeito de diferentes fontes de carboidrato e da privação de alimento sobre aspectos biológicos de *Telenomus remus* Nixon (Hymenoptera, Scelionidae). **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 53, n. 3, p. 457-460, 2009.

OHNESORG, W. J.; JOHNSON, K. D., O'NEAL, M. E. Impact of reduced-risk insecticides on soybean aphid and associated natural enemies. **Journal of Economic Entomology**, v. 102, n. 5, p.1816-1826, oct. 2009.

PEREIRA, F. F., *et al.* Species of Lepidoptera defoliators of *Eucalyptus* as new host for the parasitoid *Palmistichus elaeisis* (Hymenoptera: Eulophidae). **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v.51, n.2, p. 259-262, apr. 2008.

PEREIRA, F. F., *et al.* Progenie de *Palmistichus elaeisis* Delvare & LaSalle (Hymenoptera: Eulophidae) parasitando pupas de *Bombyx mori* L. (Lepidoptera: Bombycidae) de diferentes idades. **Neotropical Entomology**, v. 38, n. 5, p. 660-664, sept./oct. 2009.

PEREIRA, F. F., *et al.* Parasitismo de *Palmistichus elaeisis* (Hymenoptera: Eulophidae) em hospedeiro alternativo sobre plantas de eucalipto em semi-campo. **Revista Ciência Agronômica**, v. 41, n. 4, p. 715-720, Dec. 2010.

PERIOTO, N. W., *et al.* Himenópteros parasitoides (Insecta, Hymenoptera) coletados em cultura de algodão (*Gossypium hirsutum* L.) (Malvaceae), no município de Ribeirão Preto, SP, Brasil. **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 46, n. 2, p. 165-168, 2002.

RICHARDS, A. J. Does Low Biodiversity Resulting from Modern Agricultural Practice Affect Crop Pollination and Yield? **Annals of Botany**, v. 88, n. 2, p. 165-172, apr. 2001.

RINKEVICH, F. D., *et al.* Distinct roles of the DmNav and DSC1 channels in the action of DDT and pyrethroids. **NeuroToxicology**, v. 47, p. 99-106, mar. 2015.

RODRÍGUEZ, E., *et al.* Evaluation of the effect on arthropod populations by using deltamethrin to control *Phloeotribus scarabaeoides* Bern. **Chemosphere**, v. 52, n. 1, p. 127-134, july 2003.

SABER, M., *et al.* Lethal and sublethal effects of fenitrothion and deltamethrin residues on the egg parasitoid *Trissolcus grandis* (Hymenoptera: Scelionidae). **Journal of Economic Entomology**, v. 98, n. 1, p. 35-40, feb. 2005.

SANTOS, G. P.; ZANUNCIO, T. V.; ZANUNCIO, J. C. Desenvolvimento de *Thyriniteina arnobia* Stoll (Lepidoptera: Geometridae) em folhas de *Eucalyptus urophylla* e *Psidium guajava*. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, v. 29, n. 1, p. 13-22, mar. 2000.

SAYYED, A. H.; PATHAN, A. K.; FAHEEM, U. Cross-resistance, genetics and stability of resistance to deltamethrin in a population of *Chrysoperla carnea* from Multan, Pakistan. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, v. 98, n. 3, p. 325-332, nov. 2010.

SOARES, M. A., *et al.* Does *Thyriniteina arnobia* (Lepidoptera: Geometridae) use different defense behaviours against predators? **Journal of Plant Diseases and Protection**, v. 116, n. 1, p. 30-33, 2009.

SOARES, M. A., *et al.* Quality control of *Trichogramma atopovirilia* and *Trichogramma pretiosum* (Hym.:Trichogrammatidae) adults reared under laboratory conditions. **Brazilian Archives of Biology Technology**, v. 55, n. 2, p. 305-311, apr. 2012.

URRUTIA, M. A. C., *et al.* Influence of host diet on parasitoid fitness: unravelling the complexity of a temperate pastoral agroecosystem. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, v. 123, n. 1, p. 63-71, apr. 2007.

VARENHORST, A. J., O'NEAL, M. E. The response of natural enemies to selective insecticides applied to soybean. **Environmental Entomology**, v. 41, n. 6, p. 1565-1574, dec. 2012.

WANG, Y., *et al.* Insecticide toxic effects on *Trichogramma ostriniae* (Hymenoptera: Trichogrammatidae). **Pest Management Science**, v. 68, n. 12, p. 1564-1571, dec. 2012.

WANG, Y., *et al.* Toxicity risk of insecticides to the insect egg parasitoid *Trichogramma evanescens* Westwood (Hymenoptera: Trichogrammatidae). **Pest Management Science**, v. 70, n. 3, p. 398-404, mar. 2014.

WEST-EBERHARD, M. J. Phenotypic plasticity and the origins of diversity. **Annual Review of Ecology and Systematics**, v. 20, p. 249-278, nov. 1989.

WILLIAMS III, L.; PRICE, L. D., MANRIQUE, V. Toxicity of field-weathered insecticide residues to *Anaphesiole* (Hymenoptera: Mymaridae), an egg parasitoid of *Lygus lineolaris* (Heteroptera: Miridae), and implications for inundative biological control in cotton. **Biological Control**, v. 26, n. 3, p. 217-223, mar. 2003.

WILLIAMS III L.; PRICE L. D. A space-efficient contact toxicity bioassay for minute Hymenoptera, used to test the effects of novel and conventional insecticides on the egg parasitoids *Anaphesiole* and *Trichogramma pretiosum*. **Biocontrol**, v. 49, n.2, p.163-185, apr. 2004.

YOUSSEF, A. I., *et al.* The side-effects of plant protection products used in olive cultivation on the hymenopterous egg parasitoid *Trichogramma cacoeciae* Marchal. **Journal of Applied Entomology**, v. 128, n. 9-10, p. 593-599, dec. 2004.

ZACHÉ, B.; ZACHÉ, R. R. C., WILCKEN, C.F. Evaluation of *Palmistichus elaeisis* Delvare & LaSalle (Hymenoptera: Eulophidae) as parasitoid of the *Sarsina violascens* Herrich-Schaeffer (Lepidoptera: Lymantriidae). **Journal of Plant Studies**, v.1, n.1, p. 85-89, mar. 2012.

ZANUNCIO, T. V., *et al.* Effect of plantation age on diversity and population fluctuation of Lepidoptera collected in *Eucalyptus* plantations in Brazil. **Forest Ecology and Management**, v. 108, n. 1-2, p. 91-98, aug. 1998.

ZANUNCIO, J. C., *et al.* *Tenebrio molitor* Linnaeus (Coleoptera: Tenebrionidae), a new alternative host to rear the pupae parasitoid *Palmistichus elaeisis* Delvare & LaSalle (Hymenoptera: Eulophidae). **The Coleopterists Bulletin**, v. 62, n.1, p. 64-66, mar. 2008.

APÊNDICE

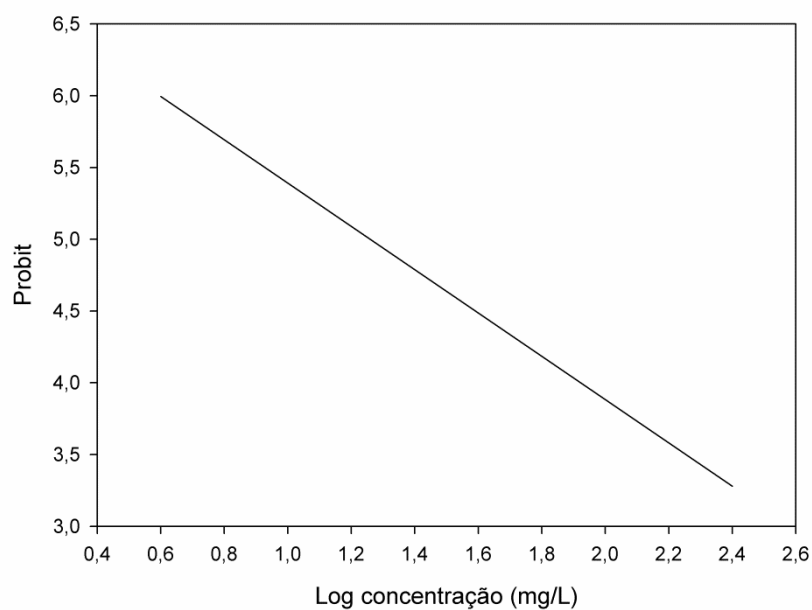


Figura 2: Transformação em unidades de Probit *versus* Log10 da concentração (mg/L). Resposta do parasitismo de *Palmistichus elaeisis* em função da concentração de deltametrina.

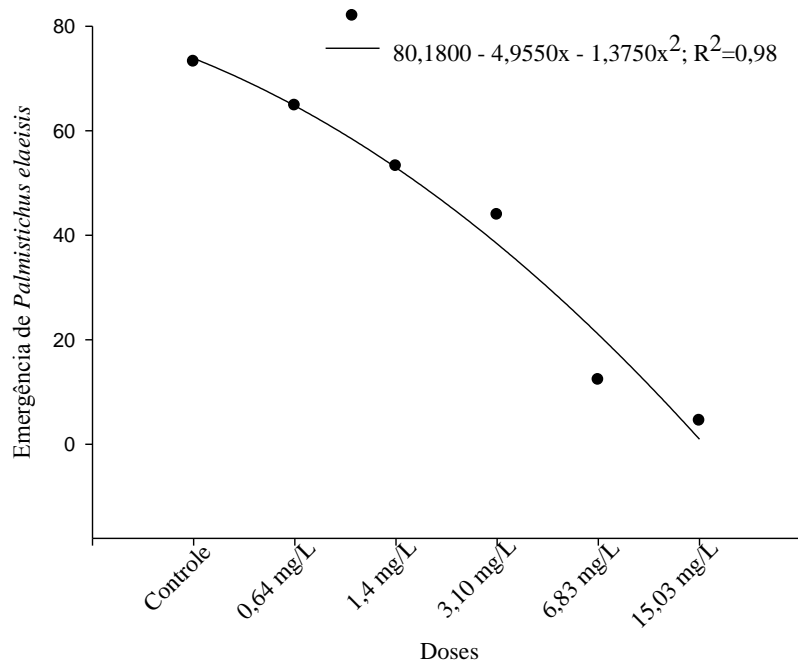


Figura 3: Emergência de *Palmistichus elaeisis* (Hymenoptera: Eulophidae) submetidos a diferentes doses do inseticida deltametrina (Decis 25 CE[®]) registrado para a cultura do eucalipto.

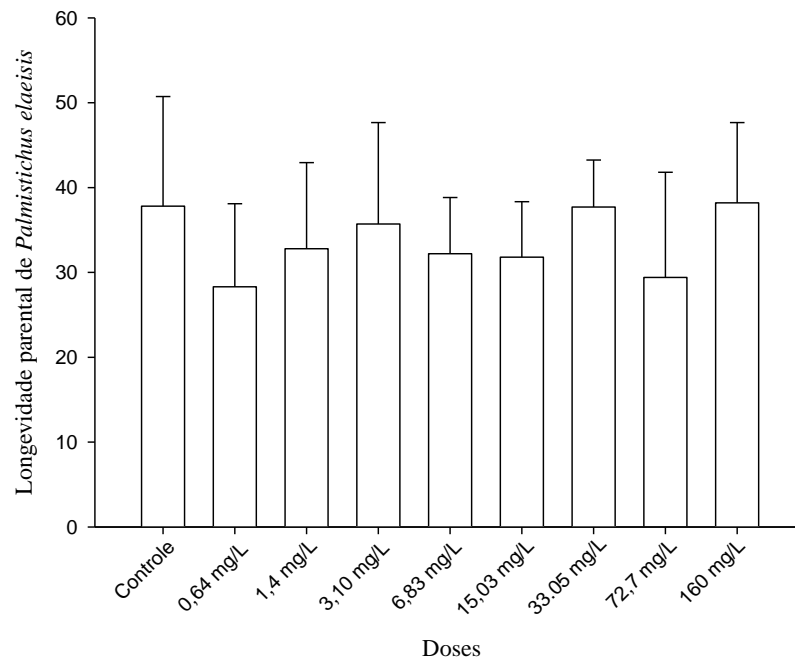


Figura 4: Longevidade parental de *Palmistichus elaeisis* (Hymenoptera: Eulophidae) submetidos a diferentes doses do inseticida deltametrina (Decis 25 CE[®]) registrado para a cultura do eucalipto.

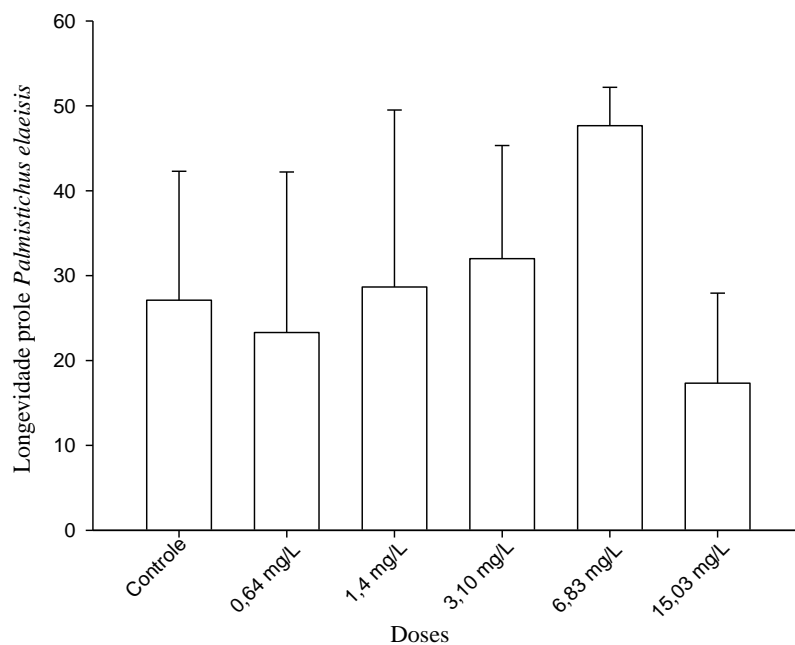


Figura 5: Longevidade da prole de *Palmistichus elaeisis* (Hymenoptera: Eulophidae) submetidos a diferentes doses do inseticida deltametrina (Decis 25 CE[®]) registrado para a cultura do eucalipto.

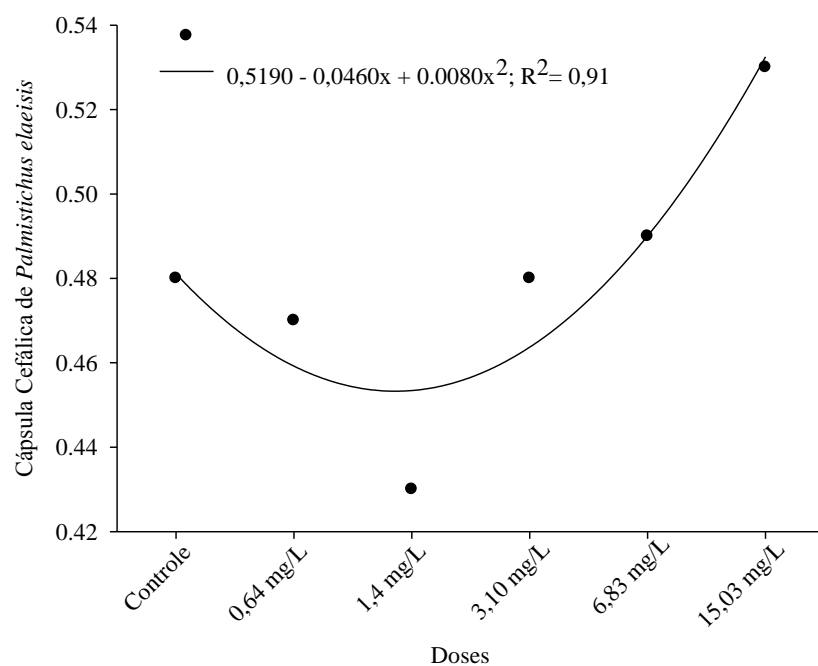


Figura 6: Tamanho da cápsula cefálica de *Palmistichus elaeisis* (Hymenoptera: Eulophidae) submetidos a diferentes doses do inseticida deltametrina (Decis 25 CE[®]) registrado para a cultura do eucalipto.

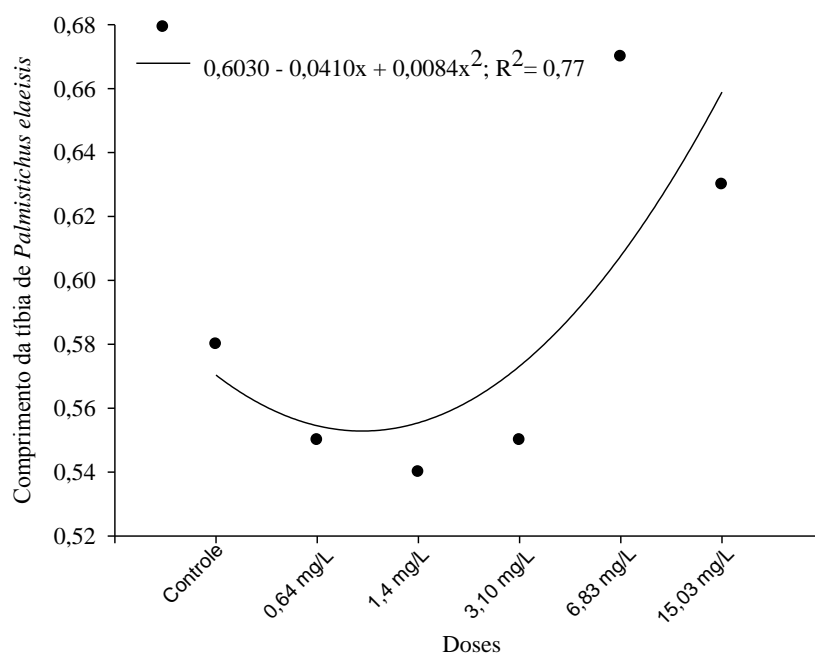


Figura 7: Comprimento da tibia de *Palmistichus elaeisis* (Hymenoptera: Eulophidae) submetidos a diferentes doses do inseticida deltametrina (Decis 25 CE[®]) registrado para a cultura do eucalipto.

CAPÍTULO II

SOBREVIVÊNCIA E DESENVOLVIMENTO DE *Palmistichus elaeisis* (HYMENOPTERA: EULOPHIDAE) EXPOSTO A DELTAMETRINA EM DIFERENTES GERAÇÕES

RESUMO

O controle químico é o principal método de controle de insetos pragas no eucalipto, entretanto o uso de inimigos naturais tem ganhado destaque nos últimos anos. *Palmistichus elaeisis* Delvare e LaSalle (Hymenoptera: Eulophidae) é um endoparasitoide que ocorre naturalmente em pupas de lepidópteros desfolhadores. O estudo teve como objetivo avaliar os efeitos letais e subletais da deltametrina (Decis 25 CE[®]) sobre *P. elaeisis*. O experimento foi realizado em delineamento inteiramente casualizado, com três tratamentos e vinte repetições. Os tratamentos foram constituídos pelo controle, com água destilada (T1), pela CL₁₀ = 11,12 mg de i.a/L (T2) e a CL₅₀ = 18,5421 mg de i.a/L (T3). As pupas de *Tenebrio molitor* L. (Coleoptera: Tenebrionidae) foram expostas ao inseticida pelo método de imersão. Apenas a geração parental e a prole da primeira geração ficaram em contato com o inseticida. Na primeira geração F1 da CL₁₀ o parasitismo foi de 55% e a CL₅₀ ficou em 30%. Na segunda geração a taxa de parasitismo da CL₁₀ foi de 70% e a da CL₅₀ foi de 40%. Na última geração avaliada, não houve diferenças significativas. A taxa de emergência das três gerações da CL₁₀ apresentou diferenças significativas. Entretanto, a emergência das gerações F1, F2 e F3 da CL₅₀ foram semelhantes entre si. A longevidade da prole de todas as gerações avaliadas apresentou diferenças significativas. A deltametrina afeta todos os parâmetros avaliados de *P. elaeisis*, ao longo de três gerações, podendo ser considerado extremamente nocivo, comprovando a baixa seletividade deste inseticida para esta espécie.

Palavras-Chave: Eucaliptocultura, Inseticida e Parasitoide.

ABSTRACT

Chemical control is the main method of insect control pests in eucalyptus, however the use of natural enemies has gained prominence in recent years. *Palmistichus elaeisis* Delvare and LaSalle (Hymenoptera: Eulophidae) is a naturally occurring endoparasitoid on pupae of lepidopterans defoliating. The study aimed to assess the lethal and sublethal effects of deltamethrin (Decis 25 CE®) on *P. elaeisis*. The experiment was conducted in a completely randomized design with three treatments and twenty repetitions. The treatments were for control with distilled water (T1), the CL10 = 11.12 mg of a.i. / L (T2) and LC50 = 18, 5421 mg a.i. / L (T3). The pupae of *Tenebrio molitor* L. (Coleoptera: Tenebrionidae) were exposed to the insecticide by the immersion method. Only the parental generation and first generation offspring were in contact with the insecticide. In the first generation F1 CL10 parasitism was 55% and the LC50 was 30%. In the second generation CL10 parasitism rate was 70% and LC50 was 40%. In the last generation evaluated, no significant differences. The emergence rate of three generations of the CL10 showed significant differences. However, the emergence of F1, F2 and F3 CL50 were similar. The longevity of the offspring of all generations evaluated showed significant differences. Deltamethrin affects all parameters of *P. elaeisis*, over three generations, and can be considered extremely harmful, proving the low selectivity of this insecticide for this species.

Keywords: Eucalyptus, Insecticide and Parasitoids.

1 INTRODUÇÃO

Com o aumento de área plantada com o eucalipto, houve também aumento de insetos herbívoros nativos e exóticos causando danos à cultura. Associado há elevada oferta de alimento e pouca diversidade de inimigos naturais, houve a necessidade de intensificar o número de aplicações de agroquímicos (MEWES *et al.*, 2013, ZANUNCIO *et al.*, 2014). Lepidópteros desfolhadores constituem uma das pragas mais sérias que atacam o eucalipto no Brasil (SOARES *et al.*, 2009).

Alternativas têm sido propostas de modo a minimizar a utilização de agroquímicos no setor florestal (SOUZA-SILVA; ZANETTI, 2007, SOARES *et al.*, 2012). A incorporação do controle biológico utilizando inimigos naturais pode reduzir o uso de inseticidas (PIRES *et al.*, 2006). Parasitoides são importantes inimigos naturais, apresentam grande diversidade e são eficientes no controle de seus hospedeiros (PEREIRA *et al.*, 2008). Destacam-se por ocorrerem com maior abundância nos cultivos de eucalipto (SOARES *et al.*, 2007).

Os piretroides possuem ação rápida, alta atividade inseticida e baixa toxicidade a mamíferos (RINKEVICH *et al.*, 2015, SANTOS; AREAS; REUYES, 2007). Atuam no sistema nervoso do inseto, alterando a permeabilidade iônica da membrana nervosa que é responsável pela geração e condução dos impulsos nervosos. Mantêm os canais de sódio abertos, podendo levar a descargas repetitivas, despolarização da membrana e distúrbios sinápticos, ocasionando a morte do inseto (DONG *et al.*, 2014). O Decis 25 CE[®] é registrado para a cultura do eucalipto no controle de lepidópteros desfolhadores, pertence ao grupo dos piretroides e possui ação por contato e ingestão (CASTRO; CONFALONIERI, 2005).

Ao analisar o potencial de um agroquímico para compatibilidade com os inimigos naturais, a *International Organization for Biological Control* (IOBC) desenvolveu testes que avaliam esta compatibilidade do produto químico ao inimigo natural e o classifica em quatro categorias. Avaliando a taxa de mortalidade e a redução no desempenho que eles causam aos inimigos naturais, eles podem ser: 1= inócuo (<30%), 2= levemente nocivo (30-79%), 3= moderadamente nocivo (90-98%) e 4= prejudicial (>99%) (AMARASEKARE; SHEARER; MILLS, 2015).

A exposição a uma substância tóxica pode resultar em mortalidade ou em vários efeitos subletais, que podem ser fisiológicos ou comportamentais (DESNEUX DECOURTYE; DELPUECH, 2007). Esses efeitos podem se apresentar na redução da longevidade, fecundidade, razão sexual, fertilidade e oviposição, além de poder alterar o comportamento alimentar (STARK; BANKS, 2003, DESNEUX; DECOURTYE;

DELPUECH, 2007). Podem afetar o comportamento devido à dependência que o inseto possui do seu sistema nervoso para detectar estímulos externos e internos, e a transmissão desta percepção para o sistema nervoso central (DONG *et al.*, 2014). Além disso, pode levar a epigenética, mudanças hereditárias na expressão de genes, decorrentes de mudanças ambientais, sem ocasionar alterações na sequência de DNA (BACCARELLI; BOLLATI, 2009).

Diferentes espécies de parasitoides podem apresentar respostas distintas a perturbações de produtos químicos (BANKS *et al.*, 2011). Algumas espécies apresentam altas taxas de crescimento populacional, período curto de geração ou um início precoce da atividade reprodutiva e devido a essas características podem sofrer altos níveis de mortalidade e recuperar rapidamente (STARK; BANKS; VARGAS, 2004). Entretanto, outras espécies não são capazes de se recuperar de forma rápida e podem ser extintas localmente após a exposição a um produto tóxico. A concentração pode não ser letal, mas os efeitos subletais que ela ocasiona podem afetar negativamente a capacidade individual de sobrevivência e reprodução (STARK; BANKS, 2003).

Palmistichus elaeisis é um endoparasitoide que ocorre naturalmente em pupas de lepidópteros desfolhadores das famílias Crambidae, Arctiidae, Riodinidae, Noctuidae, Geometridae e Lymantriidae (ANDRADE *et al.*, 2010; BITTENCOURT e BERTI-FILHO 2004, 1999; PEREIRA *et al.*, 2008; ZACHÉ, B.; ZACHÉ, R., WILCKEN, 2012). E pode ser criado em hospedeiro alternativo, *Tenebrio molitor* Linnaeus (Coleoptera: Tenebrionidae) (ZANUNCIO *et al.*, 2008). É considerado um promissor agente de controle biológico, podendo ser liberado em campo em surtos de lagartas desfolhadoras de eucalipto (PEREIRA *et al.*, 2008).

Dada a importância de informações sobre os possíveis impactos causados pelos inseticidas aos inimigos naturais, este trabalho teve como objetivo avaliar efeitos letais e subletais do inseticida Decis 25 CE[®] para a espécie *P. elaeisis*, descrevendo efeitos sobre o parasitismo, emergência e longevidade ao longo de três gerações.

2 MATERIAS E MÉTODOS

O experimento foi realizado em delineamento inteiramente casualizado, com três tratamentos e vinte repetições. Os tratamentos foram constituídos pelo controle, com água destilada (T1), pela CL₁₀ = 11,12 mg de i.a/L (T2) e a CL₅₀ = 18,5421 mg de i.a/L (T3) de deltametrina em *P. elaeisis* obtidas pelo bioensaio dose-resposta. Os parasitoides utilizados no

experimento foram obtidos da criação massal mantida no Laboratório de Controle Biológico de Insetos em potes de 500 mL.

Pupas do hospedeiro *T. molitor* foram expostas ao inseticida pelo método de imersão 007 do IRAC (IRAC, 2010) com algumas modificações. Sessenta pupas de *T. molitor* com 24h de idade, peso médio de 0,104 g e uma área de superfície média de $7,85 \times 10^{-5} \text{ m}^2$ foram mergulhadas por dois segundos em solução diluída para 100 mL com as concentrações do inseticida (MENEZES *et al.*, 2014; IRAC, 2010).

O bioensaio foi montado no interior de tubos de ensaio (14 x 2,2 cm) e posteriormente colocado em estufa do tipo B.O.D.. Em cada repetição foi utilizado uma pupa de *T. molitor* tratada com uma das respectivas concentrações do inseticida ou água destilada e seis fêmeas de *P. elaeisis*, sem experiência prévia de oviposição, no interior de um tubo de ensaio. Para alimentação dos parasitoides foi colocada uma gota de mel no interior dos tubos. Após 48 horas de exposição ao parasitismo, estas pupas foram transferidas para potes plásticos de 250 mL, até a emergência dos adultos da geração F1.

A porcentagem de parasitismo foi avaliada pela mudança de coloração da pupa e o número de adultos emergidos em cada tratamento foi contabilizado. A longevidade das fêmeas de *P. elaeisis* expostas às pupas de *T. molitor* tratadas com as doses inseticidas e controle, e das respectivas proles foi avaliada, diariamente, até a F3. Após a emergência dos adultos de *P. elaeisis* da geração F1, seis fêmeas foram retiradas dos potes de 250 mL e acondicionadas em tubos de ensaio, alimentadas com uma gota de mel no interior do tubo, contabilizando vinte repetições, para cada tratamento.

Apenas a geração parental e sua prole (geração F1) de *P. elaeisis* ficaram em contato com a deltametrina. Os adultos ficaram em contato diretamente com produto na superfície do hospedeiro, durante o período de oviposição e a prole indiretamente na fase juvenil (ovo-larva-pupa) que permaneceu dentro da pupa hospedeira que foi imersa em uma das respectivas concentrações do inseticida. Para adultos das gerações F1, F2 e F3 de *P. elaeisis* foram ofertadas pupas de *T. molitor* com menos de 24 h de idade sem tratamento com o inseticida. A porcentagem de parasitismo, emergência e longevidade foram avaliadas visando detectar efeitos da contaminação por deltametrina nas gerações subsequentes a aquela que teve contato com o produto.

Os dados foram submetidos a testes de homogeneidade e normalidade e a Análise de Variância (ANOVA) com o auxílio do software R versão 3.2.0. Quando significativos foram analisados por meio do teste de Kruskal-Wallis seguido pela comparação múltipla de Student-Newman-Keuls e por curvas de regressão.

3 RESULTADOS

3.1 Parasitismo – gerações F1, F2 e F3

Foram observadas diferenças significativas em relação a susceptibilidade de *P. elaeisis* a deltametrina. Na primeira geração pode-se perceber que *P. elaeisis* reduziu drasticamente a taxa de parasitismo. Na geração F1 da CL₁₀ o parasitismo foi de 55% e a CL₅₀ ficou em 30%. Por outro lado, o controle apresentou uma taxa de parasitismo de 80% (Figura 8a). Na F2, observou-se este mesmo padrão de susceptibilidade de *P. elaeisis* em relação à deltametrina. A taxa de parasitismo apresentou diferenças significativas, CL₁₀ foi de 70% e a da CL₅₀ foi de 40% (Figura 8b). Na terceira e última geração avaliada, não houve diferenças significativas em relação aos tratamentos, o controle e a CL₁₀ foram semelhantes, com 80% de parasitismo e a CL₅₀ apresentou 50% (Figura 8c).

3.2 Emergência – gerações F1, F2 e F3

A emergência da geração F1 de *P. elaeisis* na CL₁₀ ($16,25 \pm 4,74$) foi diferente da F2 ($33,40 \pm 6,92$) e da F3 ($31,50 \pm 6,29$). Sendo a primeira geração a mais afetada pela deltametrina, possivelmente pelo fato de ter ficado em contato com o produto, tendo se desenvolvido na pupa tratada. Já a emergência das gerações F1 ($7,95 \pm 3,65$), F2 ($23,25 \pm 4,44$) e F3 ($6,85 \pm 2,44$) na CL₅₀ foram semelhantes entre si (Tabela 1). Os parasitoides da CL₅₀ foram mais afetados negativamente, com emergência reduzida até a terceira geração.

3.3 Longevidade prole – gerações F1, F2 e F3

A longevidade da prole da geração F1 na CL₁₀ ($22,00 \pm 1,22$), F2 ($24,15 \pm 1,70$) e da F3 ($31,30 \pm 2,84$) apresentaram diferenças significativas em relação ao controle ($14,20 \pm 0,70$). A longevidade da prole da CL₅₀ foi ($14,40 \pm 0,60$) para F1, ($12,35 \pm 1,55$) para a F2 e ($21,90 \pm 2,46$) para a F3 (Tabela 1). Apenas a longevidade da F1 e F2 da CL₅₀ foi semelhante.

4 DISCUSSÃO

4.1 Parasitismo – gerações F1, F2 e F3

Os resultados do presente estudo mostraram a toxicidade das duas doses testadas CL₁₀ e CL₅₀ ao parasitoide *P. elaeisis*, por meio da exposição da pupa de seu hospedeiro alternativo, *T. molitor*, pelo método de imersão. Somente as fêmeas parentais e sua prole ficaram em contato direto ou indireto com a deltametrina. A taxa de parasitismo de *P. elaeisis* foi altamente afetada em função da dose utilizada. O parasitismo foi reduzido de 80% do

controle para 55% na CL₁₀. Na CL₅₀ a taxa de parasitismo foi ainda mais comprometida ficando em 30% na primeira geração avaliada. As reduções que as gerações F1, F2 e F3 de *P. elaeisis* sofreram, no parasitismo, emergência e longevidade podem ser decorrentes desta primeira exposição, já que as demais gerações não foram expostas ao inseticida.

Muitos organismos são capazes de desenvolver diferentes fenótipos em resposta a diferentes condições. A informação molecular que regula a plasticidade do desenvolvimento é geralmente hereditária, porém, não é diretamente codificada pelo genoma. A transmissão dessas informações é conhecida como herança epigenética, ou seja, alterações induzidas pelo ambiente que podem afetar a expressão de um gene, sem mudar a sequência de DNA (BERGER *et al.*, 2009; COSTA *et al.*, 2011).

As alterações epigenéticas podem mediar mecanismos específicos de toxicidade e respostas a determinadas substâncias químicas. Essas modificações podem persistir mesmo na ausência dos fatores que as constituiu (COLLOTTA; BERTAZZI, BOLLATI, 2013). Isso poderia explicar o fato das duas gerações seguintes de *P. elaeisis* terem apresentado redução no parasitismo mesmo sem ter tido contato com a deltametrina. Apesar de não ter ocorrido exposição direta, o inseticida pode ter induzido a expressão de um gene que foi herdado pela população seguinte. Esta alteração poderia ser expressa através da dificuldade no parasitismo de seu hospedeiro, ou seja, alterações induzidas pela deltametrina.

A exposição a agroquímicos pode conduzir a alterações epigenéticas em espécies animais. Esta relação entre epigenética e produtos químicos implica em modificações que podem resultar em uma mudança de sensibilidade das populações que foram expostas. Essas alterações induzidas pelo estresse podem afetar o fenótipo da espécie de maneira negativa ou positiva (COLLOTTA; BERTAZZI, BOLLATI, 2013, VANDEGEHUCHTE; JANSSEN, 2014). A alteração epigenética é provavelmente um mecanismo importante na plasticidade do desenvolvimento e este tipo de plasticidade pode conferir uma vantagem adaptativa em ambientes onde ocorrem mudanças (VAISERMAN, 2011).

A exposição a doses baixas de inseticidas pode induzir efeitos subletais em insetos que foram contaminados e sobreviveram, principalmente, aos inseticidas neurotóxicos (DESNEUX; RAFALIMANANA; KAISER, 2004). Observou-se que a CL₁₀ (2,0 mg i.a./L) e CL₂₀ (3,0 mg i.a./L) de deltametrina apresentaram pouco impacto sobre o parasitismo de *Anagrus nilaparvatae* (Pang et Wang) (Hymenoptera: Mymaridae) (LIU *et al.*, 2012). No entanto, para a *Trichogramma cacoeciae* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) a deltametrina (62.5 µg/l) ocasionou uma redução no parasitismo de 95,99%, sendo considerado

moderadamente nocivo a esta espécie (YOUSSEF *et al.*, 2004). Nestes estudos, apenas a geração parental e F1 foram observadas.

Apesar da baixa penetração que o piretroide possui através do tegumento, ele pode ser rapidamente absorvido pelo trato digestivo após a ingestão ou através do trato respiratório (SODERLUND *et al.*, 2002). Inseticidas, geralmente, são conhecidos por afetar insetos não alvos, como parasitoides resultando em efeitos subletais ou mesmo letais (DESNEUX DECOURTYE; DELPUECH, 2007). Os inimigos naturais, tais como os parasitoides, têm potencial para suprimir espécies de pragas e fornecer equilíbrio nos agroecossistemas (BOMMARCO; KLEIJN; POTTS, 2013).

4.2 Emergência

A emergência na geração F1 foi afetada pela exposição à deltametrina. Na CL₁₀ a F1 apresentou diferenças significativas na emergência ($16,25 \pm 4,74$) em relação às demais gerações F2 ($33,40 \pm 6,92$) e F3 ($31,50 \pm 6,29$). Porém, os efeitos negativos da exposição à deltametrina foram mais evidentes para os indivíduos das gerações da CL₅₀ F1 ($7,95 \pm 3,65$), F2 ($23,25 \pm 4,44$) e F3 ($6,85 \pm 2,44$), com uma redução drástica na emergência de *P. elaeisis*. Uma redução de 34,4% na emergência de *Trissolcus grandis* Thompson (Hymenoptera: Scelionidae) foi observada quando tratados com CL₅₀ (3,9 mg i.a. /mL) de deltametrina (SABER *et al.*, 2005).

Em *Trichogramma cordubensis* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) a emergência foi afetada na maior dose testada de deltametrina (23,6 mg i.a./ L). No entanto, na dose recomendada pelo fabricante (12 mg i.a./L) não foi observado efeitos adversos na reprodução desta espécie (GARCIA *et al.*, 2006). O piretroide apresentou elevada toxicidade ao parasitoide *Eretmocerus mundus* Mercet (Hymenoptera: Aphelinidae), não havendo emergência de adultos e para *Eretmocerus tejanus* Rose & Zolnerowich (Hymenoptera: Aphelinidae) a porcentagem foi de 3,8%, sendo considerado extremamente tóxico a estas espécies de parasitoides (JONES; CIOMPERLIK, WOLFENBARGER, 1998).

Palmistichus elaeisis foi exposto de duas maneiras a deltametrina, o adulto caminhou e ovipositou sobre o hospedeiro contaminado e a fase juvenil (ovo, larva e pupa) foi exposta aos resíduos dentro do hospedeiro. Após a exposição ao inseticida, as populações de parasitoides podem se recuperar de maneira distinta dependendo de sua sensibilidade ao produto (DESNEUX, DENOYELLE; KAISER, 2006).

4.3 Longevidade

A longevidade da prole das três gerações da CL₁₀ apresentou diferenças significativas em relação ao controle. Houve um aumento da longevidade das fêmeas da geração F1 ($22,00 \pm 1,22$), F2 ($24,15 \pm 1,70$) e F3 ($31,30 \pm 2,84$) e controle ($14,20 \pm 0,70$), sendo que uma possível justificativa seria o efeito hormético. A hormese é um comportamento bifásico, no qual uma característica biológica é estimulada por baixas doses de uma substância, mas inibida por altas doses da mesma. Pequenas quantidades de agentes estressores, como substâncias químicas poderiam ser úteis a um organismo (BOURG, 2009; CALABRESE; BLAIN, 2011; CALABRESE, 2013). Os resultados deste trabalho demonstram evidências de efeito hormético induzido pela CL₁₀ da deltametrina, uma vez que o estímulo não foi observado para a CL₅₀.

A longevidade das fêmeas das linhagens (L₉ e L₁₀) de *Trichogramma pretiosum* Riley (Hymenoptera: Trichogrammatidae) foi reduzida quando expostas a ovos de *Anagasta kuehniella* Zeller (Lepidoptera: Pyralidae) tratados com deltametrina, uma média de (6,08 e 3,87 dias) (CARVALHO; PARRA; BAPTISTA, 2003). Houve redução da longevidade (11,04) de fêmeas de *Telenomus bussolae* Gahan (Hymenoptera: Scelionidae) quando expostas a CL₂₅ ($0,125 \text{ mL/L}^{-1}$) de deltametrina (BAYRAM *et al.*, 2010). A longevidade de *T. grandis* quando tratados com uma CL₅₀ (3,9 mg i.a. /mL) de deltametrina não foi afetada (SABER *et al.*, 2005).

A exposição de inimigos naturais a doses letais e sub-letais de inseticidas fornece informações importantes sobre a compatibilidade do controle químico e biológico, bem como o efeito do inseticida sobre os inimigos naturais (DESNEUX, DECOURTYE, DELPUECH, 2007). Os inseticidas são a classe de agroquímicos mais tóxicos para parasitoides e predadores, seguidos pelos herbicidas, acaricidas e fungicidas, (THEILING; CROFT, 1988). Os efeitos subletais de inseticidas sobre os inimigos naturais podem reduzir a sua eficiência, uma vez que afeta o *fitness* reduzindo sua capacidade de parasitismo e seu tempo em campo (WANG *et al.*, 2008).

O comportamento dos insetos é conduzido por interações entre o sistema nervoso e o ambiente. Os inseticidas neurotóxicos (como a deltametrina) atuam em locais específicos no sistema nervoso do inseto. Assim inseticidas neurotóxicos podem afetar o comportamento dos insetos, mesmo em baixas concentrações (RAY; FRY, 2006, MARRIEL *et al.*, 2016). A conservação de inimigos naturais poderia ser alcançada utilizando inseticidas mais seletivos e menos tóxicos para os inimigos naturais (LONGLEY; JEPSON, 1997).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Palmistichus elaeisis apresentou alta susceptibilidade a deltametrina. Em todas as gerações avaliadas houve redução no parasitismo e na emergência. Assim, o inseticida deltametrina pode ser considerado pouco seletivo a esta espécie de inimigo natural, podendo ocasionar efeito letale subletais. Como a deltametrina ainda é o principal princípio ativo para controle de lepidópteros desfolhadores em plantios de eucalipto, é necessário cautela na aplicação da molécula.

Espécies de parasitoides apresentam diferenças na sensibilidade em relação a diferentes agroquímicos. Por isso, a necessidade do conhecimento da compatibilidade e impacto dos inseticidas em espécies benéficas é essencial para a integração eficaz do controle químico e biológico. No presente estudo o inseticida afetou negativamente *P. elaeisis* por três gerações. Esses efeitos não devem ser ignorados, uma vez que essa espécie é responsável por ajudar a manter um ecossistema em equilíbrio.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMARASEKARE, K. G.; SHEARER, P. W., MILLS, N. J. Testing the selectivity of pesticide effects on natural enemies in laboratory bioassays. **Biological Control**, dec. 2015.

ANDRADE, G.S., *et al.* Immunity of an alternative host can be overcome by higher densities of its parasitoids *Palmistichus elaeisis* and *Trichospilus diatraeae*. **PloSOne**, v. 5, n. 10, p. 01-07, oct. 2010.

BACCARELLI, A.; BOLLATI, V. Epigenetics and environmental chemicals. **Curr Opin Pediatr**, v. 21, n. 2, p. 243-251, apr. 2009.

BANKS, J. E., *et al.* Parasitoids and ecological risk assessment: Can toxicity data developed for one species be used to protect an entire guild? **Biological Control**, v. 59, n. 3, p. 336-339, dec. 2011.

BAYRAM, A. *et al.* Sub-lethal effects of two pyrethroids on biological parameters and behavioral responses to host cues in the egg parasitoid *Telenomus busseolae*. **Biological Control**, v. 53, n. 2, p. 153-160, may 2010.

BERGER, S. *et al.* An operational definition of epigenetics. **Genes & Development**, v. 1, n. 23, p. 781-783, apr. 2009.

BITTENCOURT, M. A. L.; BERTI-FILHO, E. Preferência de *Palmistichus elaeisis* por pupas de diferentes lepidópteros pragas. **Scientia Agricola**, v. 56, n. 4, p. 1281-1283, out./dez., 1999.

BITTENCOURT, M. A. L.; BERTI-FILHO, E. Desenvolvimento dos estágios imaturos de *Palmistichus elaeisis* Delvare & LaSalle (Hymenoptera, Eulophidae) em pupas de Lepidoptera. **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 48, n. 1, p. 65-68, mar. 2004.

BOMMARCO, R.; KLEIJN, D., POTTS, S. G. Ecological intensification: harnessing ecosystem services for food security. **Trends in Ecology and Evolution**, v. 28, n. 4, p. 230-238, apr. 2013.

BOURG, E. LE. Hormesis, aging and longevity. **Biochimica et Biophysica Acta (BBA) - General Subjects**, v. 1790, n. 10, p. 1030-1039, oct. 2009.

CALABRESE, E. J. Hormesis: Toxicological foundations and role in aging research. **Experimental Gerontology**, v. 48, n. 1, p. 99-102, jan. 2013.

CALABRESE, E. J.; BLAIN, R. B. The hormesis database: The occurrence of hormetic dose responses in the toxicological literature. **Regulatory Toxicology and Pharmacology**, v. 61, n. 1, p. 73-81, oct. 2011.

CARVALHO, G. A.; PARRA, J. R. P., BAPTISTA, G. C. Efeito de produtos fitossanitários utilizados na cultura do tomateiro (*Lycopersicon esculentum* MILL.) sobre *Trichogramma pretiosum* Riley, 1879 nas gerações F1 e F2 em ovos de *Anagasta kuehniella* (Zeller, 1879). **Ciência e Agrotecnologia**, v. 27, n. 2, p. 295-304, mar./abr., 2003.

CASTRO, J. S. M.; CONFALONIERI, U. Uso de agrotóxicos no Município de Cachoeiras de Macacu (RJ). **Ciência e Saúde Coletiva**, v. 10, n. 2, p. 473-482, apr. 2005.

COLLOTTA M.; BERTAZZI, P. A., BOLLATI, V. Epigenetics and pesticides. **Toxicology**, v. 307, n. 10, p. 35-41, maio 2013.

COSTA, T. E. M. M., *et al.* Avaliação de risco dos organismos geneticamente modificados. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 16, n. 1, p. 327-336, jan. 2011.

DESNEUX, N.; DENOYELLE, R., KAISER, L. A multi-step bioassay to assess the effect of the deltamethrin on the parasitic wasp *Aphidius ervi*. **Chemosphere**, v. 65, n. 10, p. 1697-1706, dec. 2006.

DESNEUX, N.; DECOURTYE, A., DELPUECH, J. M. The sublethal effects of pesticides on beneficial arthropods. **Annual Review of Entomology**, v. 52, p. 81-106, jan. 2007.

DESNEUX, N.; RAFALIMANANA, H., KAISER, L. Dose-response relationship in lethal and behavioural effects of different insecticides on the parasitic wasp *Aphidius ervi*. **Chemosphere**, v.54, n.5, p.619-627, feb. 2004.

DONG, K. E., *et al.* Molecular biology of insect sodium channels and pyrethroid resistance. **Insect Biochemistry and Molecular Biology**, v. 50, p. 1-17, july, 2014.

GARCIA, P., *et al.* Effects of deltamethrin on the reproduction of *Trichogramma cordubensis* (Hymenoptera: Trichogrammatidae). **Biocontrol Science and Technology**, v. 16, n.7, p. 699-708, dec. 2006.

IRAC, **Insecticide Resistance Action Committee**, 2010. Method No: 007: Leaf eating Lepidoptera and Coleoptera. Available online: <http://www.irac-online.org/wp-content/uploads/2009/09/Method007v3june09.pdf>. (accessed June, 2010).

JONES, W. A.; CIOMPERLIK, M. A., WOLFENBARGER, D. A. Lethal and sublethal effects of insecticides on two parasitoids attacking *Bemisia argentifolii* (Homoptera: Aleyrodidae). **Biological Control**, v. 11, p. 70-76, oct. 1998.

LONGLEY, M.; JEPSON, P. C. Cereal aphid and parasitoid survival in a logarithmically diluted deltamethrin spray transect in winter wheat: Field-based risk assessment. **Environmental Toxicology and Chemistry**, v. 16, n. 8, p. 1761-1767, aug. 1997.

LIU, F., *et al.* Sublethal effects of four insecticides on *Anagrus nilaparvatae* (Hymenoptera: Mymaridae), an important egg parasitoid of the rice planthopper *Nilaparvata lugens* (Homoptera: Delphacidae). **Crop Protection**, v. 37, p. 13-19, july 2012.

MARRIEL, N. B., *et al.* Deltamethrin-mediated survival, behavior, and oenocyte morphology of insecticide-susceptible and resistant yellow fever mosquitos (*Aedes aegypti*). **Acta Tropica**, v. 158, p. 88-96, jun. 2016.

MENEZES, C.W.G., *et al.* *Palmistichus elaeisis* (Hymenoptera: Eulophidae) as an indicator of toxicity of herbicides registered for corn in Brazil. **Chilean Journal of Agricultural Research**, v. 74, n. 3, p. 361-365, sept. 2014.

MEWES, W. L. C., *et al.* Aplicação de agrotóxicos em eucalipto utilizando pulverizador pneumático. **Revista Árvore**, v. 37, n. 2, p. 347-353, abr. 2013.

PEREIRA, F. F., *et al.* Parasitismo de *Palmistichus elaeisis* (Hymenoptera: Eulophidae) em hospedeiro alternativo sobre plantas de eucalipto em semi-campo. **Revista Ciência Agronômica**, v. 41, n. 4, p. 715-720, dez. 2010.

PEREIRA, F. F., *et al.* Species of Lepidoptera defoliators of *Eucalyptus* as new host for the parasitoid *Palmistichus elaeisis* (Hymenoptera: Eulophidae). **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 5, n. 2, p. 259-262, apr. 2008.

PIRES, E. M., *et al.* Potencial reprodutivo horário do predador de lagartas desfolhadoras do eucalipto: *Podisus nigrispinus* (Heteroptera: Pentatomidae). **Revista Árvore**, v. 30, n. 6, p. 1039-1044, nov./dez., 2006.

RAY, D. E.; FRY, J. R. A reassessment of the neurotoxicity of pyrethroid insecticides. **Pharmacology & Therapeutics**, v. 111, n. 1, p. 174-193, july 2006.

RINKEVICH, F. D., *et al.* Distinct roles of the DmNav and DSC1 channels in the action of DDT and pyrethroids. **NeuroToxicology**, n. 47, p. 99-106, mar. 2015.

SABER M., *et al.* Lethal and sublethal effects of fenitrothion and deltamethrin residues on the egg parasitoid *Trissolcus grandis* (Hymenoptera: Scelionidae). **Journal of Economic Entomology**, v. 98, n. 1, p. 35-40, feb. 2005.

SANTOS, M. D.; AREAS, M. A.; REYES, F. G. R. Piretroides—uma visão geral. **Alimentos e Nutrição**, v. 18, n. 3, p. 339-349, jul./set. 2007.

SOUZA-SILVA, A.; ZANETTI, R. Forrageamento por *Atta sexdens rubropilosa* Forel, 1908 (Hymenoptera: formicidae) a campo em mudas de eucalipto pulverizadas ou imersas em soluções de extrato pirolenhoso. **Revista Árvore**, v. 31, n. 4, p. 753-759, July/Aug. 2007.

SOARES, M. A., *et al.* Does *Thyriniteina arnobia* (Lepidoptera: Geometridae) use different defense behaviours against predators? **Journal of Plant Diseases and Protection**, v. 116, n. 1, p. 30-33, oct. 2009.

SOARES, M. A., *et al.* Quality Control of *Trichogramma atopovirilia* and *Trichogramma pretiosum* (Hym.: Trichogrammatidae) adults reared under laboratory conditions. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 55, n. 2, p. 305-311, apr. 2012.

SOARES, M. A. *et al.* Flight capacity, parasitism and emergence of five *Trichogramma* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) species from forest areas in Brazil. **Phytoparasitica**, v. 35, n. 3, p. 314-318, jun. 2007.

SODERLUND, D. M., *et al.* Mechanisms of pyrethroid neurotoxicity: implications for cumulative risk assessment. **Toxicology**, v. 171, n. 1, p. 3-591, feb. 2002.

STARK, J. D.; BANKS, J. E. Population-level effects of pesticides and other toxicants on arthropods. **Annual Review of Entomology**, v. 48, p. 505-519, jan. 2003.

STARK J. D, BANKS, J.E.; VARGAS, R. How risky is risk assessment: The role that life history strategies play in susceptibility of species to stress. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v. 101, n. 3, p. 732-736, jan. 2004.

THEILING, K. M.; CROFT, B. A. Pesticide side-effects on arthropod natural enemies: a database summary. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 21, n. 3-4, p. 191-218, oct. 1988.

VANDEGEHUCHTE, M. B., JANSSEN, C. R. Epigenetics in an ecotoxicological context. **Mutation Research/Genetic Toxicology and Environmental Mutagenesis**, v. 764, n. 765, p. 36-45, apr. 2014.

VAISERMAN, A. M. Hormesis and epigenetics: Is there a link? **Ageing Research Reviews**, v. 10, n. 4, p. 413-421, sep. 2011.

WANG, H. Y., *et al.* Assessment of the impact of insecticides on *Anagrus nilaparvatae* (Pang et Wang) (Hymenoptera: Mymanidae), an egg parasitoid of the rice planthopper, *Nilaparvata lugens* (Hemiptera: Delphacidae). **Crop Protection**, v. 27, n. 3-5, p. 514-522, mar./may, 2008.

YOUSSEF, A. I., *et al.* The side-effects of plant protection products used in olive cultivation on the hymenopterous egg parasitoid *Trichogramma cacoeciae* Marchal. **Journal of Applied Entomology**. v. 128, n. 9-10, p. 593-599, dec. 2004.

ZACHÉ, B.; ZACHÉ, R. R C., WILCKEN, C. F. Evaluation of *Palmistichus elaeisis* Delvare & LaSalle (Hymenoptera: Eulophidae) as parasitoid of the *Sarsina violascens* Herrich-Schaeffer (Lepidoptera: Lymantriidae). **Journal of Plant Studies**, v. 1, n.1 p.85-89 mar. 2012.

ZANUNCIO, J. C., *et al.* Population dynamics of Lepidoptera pests in *Eucalyptus urophylla* plantations in the brazilian Amazonia. **Forests**, v. 5, n. 1, p. 72-87, jan. 2014.

ZANUNCIO, J. C., *et al.* *Tenebrio molitor* Linnaeus (Coleoptera: Tenebrionidae), a new alternative host torear the pupae parasitoid *Palmistichus elaeisis* Delvare & LaSalle (Hymenoptera: Eulophidae). **The Coleopterists Bulletin**, v. 62, n. 1, p. 64-66, mar. 2008.

APÊNDICE

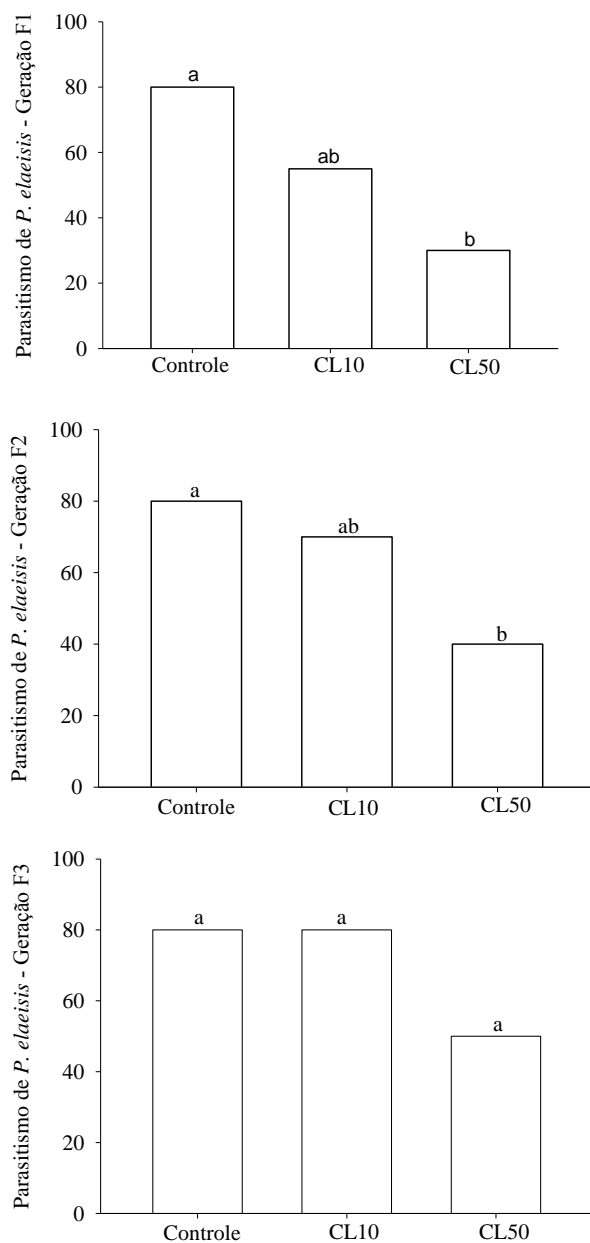


Figura 8. Porcentagem de parasitismo de *Palmistichus elaeisis* (Hymenoptera: Eulophidae) expostos à CL10 e CL50 de deltametrina em três gerações. Medias seguida de mesma letra na barra não diferem pelo teste de Kruskal-Wallis seguido pela comparação múltipla de Student–Newman–Keuls a 5% de significância.

Tabela 1. Média \pm erro padrão da Emergência (número de indivíduos) e Longevidade (dias) da prole de *Palmistichus elaeisis* (Hymenoptera: Eulophidae) expostos à CL10 e CL50 de deltametrina. Medias seguida de mesma letra na coluna não diferem pelo teste Tukey a 5% de significância

		Emergência			Longevidade
Controle		46,45 \pm 6,74 a			14,20 \pm 0,70 c
CL10	F1	16,25 \pm 4,74 b	F1		22,00 \pm 1,22 b
	F2	33,40 \pm 6,92 ab	F2		24,15 \pm 1,70 ab
	F3	31,50 \pm 6,29 ab	F3		31,30 \pm 2,84 a
CL50	F1	7,95 \pm 3,65 b	F1		14,40 \pm 0,60 c
	F2	23,25 \pm 4,44 b	F2		12,35 \pm 1,55 c
	F3	6,85 \pm 2,44 b	F3		21,9 \pm 2,46 b

CONCLUSÕES FINAIS

O uso de inseticidas ainda é indispensável para o aumento da produtividade na eucaliptocultura. Os piretroides são atualmente, os inseticidas mais utilizados por apresentarem baixa toxicidade a mamíferos e não persistência no ambiente. Entretanto, o inseticida Decis25 CE® (deltametrina) não foi seletivo para a espécie *P. elaeisis* por afetar negativamente diversos parâmetros biológicos, como a taxa de parasitismo, emergência e a longevidade deste parasitoide. A partir desse estudo foi possível observar que os efeitos causados pela contaminação com deltametrina podem perdurar até a terceira geração de *P. elaeisis*. Afetando, negativamente, mesmo as gerações subsequentes e que não tiveram contato com o produto. Assim, é importante desenvolver estratégias para o uso da deltametrina em condições de campo de modo a reduzir os impactos sobre as populações de inimigos naturais como o *P. elaeisis*. Este parasitoide é um importante agente de controle biológico e deve ser preservado, de modo a não afetar sua eficiência e seus serviços ecológicos.